



Energianhallintapalvelun kehittäminen energiamurroksessa

Case VENI Energia Oy

Alexi Riihimäki

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Älykkään uusiutuvan sähköenergian tuotannon ylempi tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Älykkään uusiutuvan sähköenergiantuotannon ylempi tutkinto-ohjelma

RIIHIMÄKI, ALEKSI:
Energianhallintapalvelun kehittäminen energiamurroksessa
Case VENI Energia Oy

Opinnäytetyö 98 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Toukokuu 2024

Energiamurros muokkaa alan yritysten toimintaympäristöä ja samaan aikaan kiinteistöjen rooli sähköenergiajärjestelmän osana on muuttumassa perustavanlaatuisesti. VENI Energia Oy:ssa on havaittu tarvetta ymmärtää energiamurroksen mukanaan tuomien teknologisten ratkaisujen ja poliittisen sääntelyn vaikutuksia sen toimintaympäristöön kiinteistöjen energianhallinnan palveluntarjoajana. Työn tavoite oli kirjallisuuskatsauksen avulla kerätä tietoa kiinteistön omistajien tarpeisiin vaikuttavista tekijöistä ja energiamurroksen mukanaan tuomista mahdollisuuksista. Kerätyn tiedon pohjalta pystyttäisiin muodostamaan iso kuva VENI Energia Oy:n toimintaympäristöstä. Lisääntyneen ymmärryksen myötä voitaisiin yrityksessä sisäisesti tutkia uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja palvelumalleja muutoksessa olevat asiakastarpeet huomioiden.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin vastauksia kaikkiin esitettyihin tutkimuskysymyksiin ja prosessin aikana kertynyttä tietoa on pystytty hyödyntämään konsernin sisällä jakaen tietoa myös eri maiden välillä. Opinnäytetyössä tutkittujen teemojen pohjalta on jo syntynyt yrityksen sisäistä keskustelua ja selvitystyötä uusista liiketoimintamahdollisuuksista. Työn aikana selvisi myös, että jatkokehitystarpeita on, sillä sääntelyllä voitaisiin selkeyttää pelisääntöjä ja askelmerkkejä esimerkiksi energiayhteisöjen kehityksen vauhdittamiseksi. Myös energianhallintaan liittyviä palveluita tarjoavien yritysten parissa on tarvetta syventyä monimutkaisemmaksi muuttuvan energiajärjestelmän arvovirtoihin ja yrittää tunnistaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Tämän lisäksi eri toimijoiden tulisi vielä pysyä mukana teknologisessa kehityksessä, joka näyttäisi olevan siirtymässä kohti nopeimman kasvun vaihetta.

Asiasanat: energiamurros, energiayhteisö, aggregointi, energialainsäädäntö, energianhallinta

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree in Intelligent Renewable Electricity Production

RIIHIMÄKI, ALEKSI:
Developing Energy Management Service in Energy transition
Case VENI Energia Oy

Master's thesis 98 pages, appendices 4 pages
May 2024

The green transition is shaping the operational environment of energy sector companies, and at the same time, the role of properties as part of the electricity system is changing fundamentally. In VENI Energia Oy, there is a need to understand how evolving technological solutions and political regulations are affecting its operational environment as an energy management service provider. The objective of this thesis was to conduct a literature review on the various factors affecting property owners' needs and the opportunities presented by the green transition. Based on the gathered information it would be possible to build a big picture of VENI Energia Oys' operational environment. Increased understanding would enable the company to conduct internal research on new business opportunities and service models, taking into consideration the changing needs of customers.

As a result of the thesis, all the research questions were answered, and the information gathered during the process has been utilized within the group, sharing knowledge across different countries. The themes studied in the thesis have already sparked internal discussions and investigations into new business opportunities within the company. It also became clear during the work that further development needs exist, as regulation could clarify the rules and guidelines, for instance, to accelerate the development of energy communities. Additionally, companies providing energy management services need to delve deeper into the value streams of an increasingly complex energy system and try to identify new business opportunities. Furthermore, different stakeholders must keep up with technological advancements, which appear to be entering the phase of rapid growth.

Key words: green transition, energy communities, aggregating, energy legislation, energy management

Opinnäytteessäni käytetyt tekoälytyökalut ja niiden käyttötarkoitukset on kuvailtu alla:

Työkalun nimi (ja versio): ChatGPT (GPT-4)

Käyttötarkoitus ja osio, jossa työkalua käytettiin: Kiinteistöjohtamisen tulevaisuuteen vaikuttavien tekijöiden tunnistaminen luvussa 8.4.1. Tekoälylle esitetty kolme kysymystä.

Olen tietoinen siitä, että olen täysin vastuussa koko opinnäytteeni sisällöstä, mukaan lukien tekoälyllä tuotetut osat, ja hyväksyn vastuun mahdollisista eettisten ohjeiden rikkomuksista.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Työn tavoite	7
1.2	Mittaus- ja energianhallintapalvelu	8
1.3	Työn sisältö, tutkimusmenetelmä ja rajaukset.....	9
2	KIINTEISTÖT OSANA SÄHKÖENERGIAJÄRJESTELMÄN MURROSTA	10
2.1	Kiinteistöjen osuus EU:n energiankulutuksesta ja päästöistä	11
2.2	Missä vaiheessa energiamurros on?.....	12
2.3	Energiamurroksen teknologioita kiinteistöissä	14
2.3.1	Älykäs sähköverkko ja Grid Edge	15
2.3.2	Kulutusjousto	17
2.3.3	Sektori-integraatio, oma tuotanto ja energian varastointi....	21
2.3.4	Digitalisaatio ja proptech	24
3	ENERGIATEHOKKUUDEN JA SÄHKÖN MITTAUSTEN SÄÄNTELY	29
3.1	EU-tason ohjaus ja sääntely	29
3.1.1	Vihreän kehityksen ohjelma ja ilmastolaki	30
3.1.2	55-valmiuspaketti.....	31
3.1.3	Rakennusten perusparannusstrategia	31
3.1.4	REPowerEU	32
3.1.5	Energiaunioni ja puhtaan energian paketti	32
3.1.6	Energiatehokkuusdirektiivi EED.....	33
3.1.7	Direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta EPBD	34
3.1.8	Uusiutuvan energian direktiivi RED III	36
3.1.9	Sähkömarkkinadirektiivi.....	37
3.1.10	Mittalaitedirektiivi MID	39
3.2	Sääntely ja ohjaus Suomessa	40
3.2.1	Kansallinen ilmasto- ja energiastrategia	40
3.2.2	Energiatehokkuuslaki	41
3.2.3	Rakentamislaki	42
3.2.4	Ilmastolaki	42
3.2.5	Sähkömarkkinalaki	43
3.2.6	Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiston mittauksesta.....	45
4	ENERGIAYHTEISÖJÄ KOSKEVA SÄÄNTELY JA TUTKIMUS.....	47
4.1	Energiayhteisön määritelmä.....	47
4.2	Energiayhteisötyypit.....	49

4.2.1	Kiinteistön sisäinen energiayhteisö.....	50
4.2.2	Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö.....	52
4.2.3	Hajautettu energiayhteisö.....	53
4.3	Energiayhteisöjen jatkokehitys.....	55
5	SÄHKÖMARKKINAT SUOMESSA.....	56
5.1	Fyysiset ja johdannaismarkkinat.....	56
5.2	Säätösähkö- ja reservimarkkinat.....	57
5.3	Taseselvitys.....	59
5.4	Siirtohinnoittelu.....	60
6	AGGREGOINTI PALVELUNTARJOAJAN NÄKÖKULMASTA.....	62
6.1	Virtuaalivoimalaitos.....	62
6.2	Itsenäinen aggregaattori.....	63
6.3	Aggregointi reservimarkkinoille.....	64
7	AMR 2.0 -TEKNOLOGIA.....	66
7.1	Valtioneuvoston asetuksen vaatimuksia ARM 2.0 -laitteille.....	66
7.2	Kuormanohjaustoiminnallisuus.....	67
7.3	Tiedonsiirto-rajapinta, eli HAN-portti.....	68
8	ENERGIAMURROKSEN MAHDOLLISUUDET JA VAIKUTUKSET TOIMINTAYMPÄRISTÖÖN – CASE VENI ENERGIA OY.....	69
8.1	AMR 2.0 -mittarilla toteutettavat energianhallintatoiminnot.....	70
8.1.1	AMR 2.0 palvelualustana.....	70
8.1.2	AMR 2.0 -mittarin käytettävyys aggregoinnin tarpeisiin.....	72
8.2	Itsenäisenä aggregaattorina toimiminen.....	74
8.3	Energiayhteisöjen mittaus- ja energianhallintapalvelu.....	75
8.3.1	Kiinteistön sisäisille takamittaroiduille energiayhteisöille.....	76
8.3.2	Hajautetuille energiayhteisöille.....	77
8.3.3	Kiinteistörajat ylittäville energiayhteisöille.....	77
8.3.4	Energiayhteisöjen kokonaisvaltaiset palvelut ja arvovirrat..	78
8.4	Energianhallinta tulevaisuuden kiinteistöjohtamisessa.....	80
8.4.1	Tulevaisuuden kiinteistön johtamiseen vaikuttavia tekijöitä	80
8.4.2	Tulevaisuuden kiinteistöjohtajan tarpeiden hahmottaminen	82
8.4.3	Analyysi kiinteistön energianhallintapalvelujen kehityssuunnista.....	84
9	POHDINTA.....	86
	LÄHTEET.....	88
	LIITTEET.....	95
	Liite 1. Esimerkkilaskelma huipputehon hallinnan hyödyistä.....	95
	Liite 2. Esimerkkilaskelma aggregoinnin ansaintamahdollisuuksista. .	97

1 JOHDANTO

Käynnissä oleva energiamurros muokkaa jatkuvasti alan yritysten toimintaympäristöä ja asettaa vaatimuksia yrityksille, jotta näiden palvelut pysyisivät ajan tasaisina. VENI Energia Oy, jatkossa VENI, on palvellut kiinteistön omistajia mittaus- ja energianhallintapalvelullaan vuodesta 1996 Norjassa, jossa sillä on markkinajohtajan asema ja palvelua on tuotu viime vuosina myös Suomeen. Mittaus- ja energianhallintapalvelun lisäksi VENI hankkii vuosittain n. 11 TWh sähköä yli 48000 asiakkaalleen Pohjoismaissa. VENI:n palvelutarjoamaan kuuluu myös energialaskujen tarkistuspalvelu yrityksille. Maailma on kuitenkin muuttunut vauhdilla ajoista, jolloin mittaus- ja energianhallintapalvelu on alun perin kehitetty ja myös maiden välillä on pieniä eroavaisuuksia niin teknologiassa, lainsäädännössä, kuin asiakkaissakin. Suomessa projektit sekä asiakaskeskustelut ovat osoittaneet, että markkinoilla saattaisi olla tarvetta jo nyt ja erityisesti tulevaisuudessa palveluntarjoajille, jotka pystyisivät palvelemaan kiinteistöjä laajalti energianhallinnoinnin ja hankinnan parissa.

1.1 Työn tavoite

Tavoitteena on kerätä riittävän laajat lähtötiedot ja ymmärrys Suomessa vallitsevasta toimintaympäristöstä, jotta VENI:ssä voidaan tunnistaa ja tarkastella uusien kehitysideoiden potentiaalia. Lähtötiedon keräämiseksi on analysoitava VENI:n palvelun nykyisiä ominaisuuksia, meneillään olevia energia-alan kehityskulkuja ja ymmärrettävä alaan vaikuttavaa sääntelykehystä. Kokonaiskuvaa täydennetään katsomalla hiukan myös tulevaisuuteen ja ennakoimalla millaisia tarpeita muuttuva maailma asiakaskunnassa kenties synnyttäisi. Kerätty tutkimustieto on tarkoitus pystyä lopuksi vetämään yhteen havainnollistamaan toimintaympäristöön vaikuttavia tekijöitä ja kehitysmahdollisuuksia.

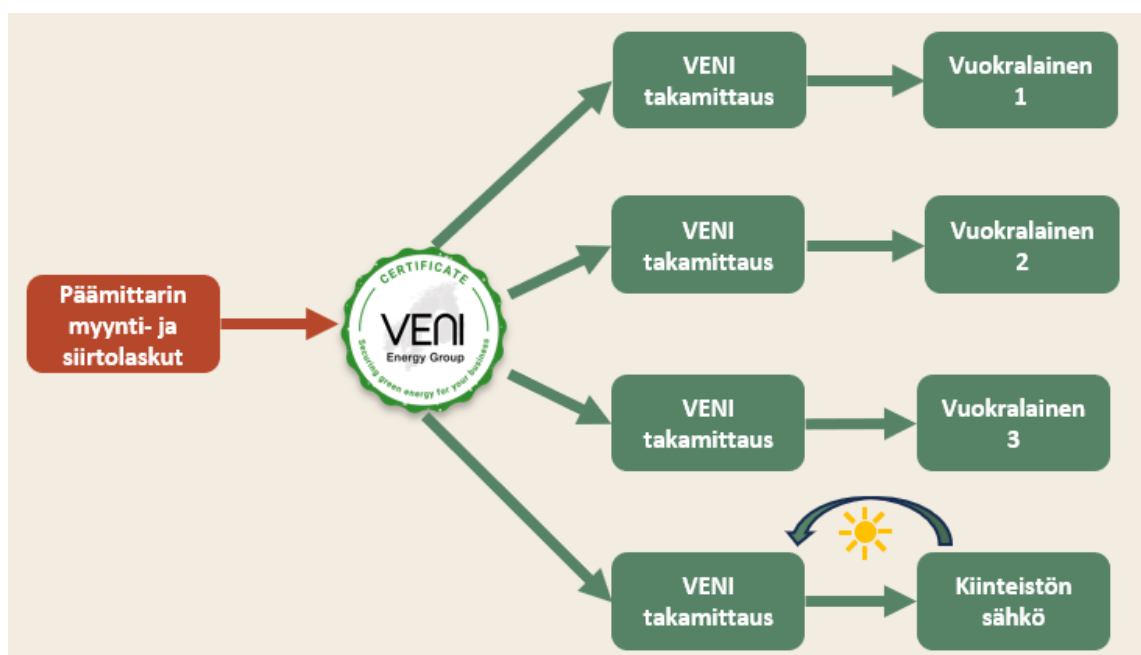
Lähtötietojen keräämiseksi tutkimuskysymyksiksi valikoituivat seuraavat kolme.

- Millaisia kiinteistön energianhallintaan liittyviä toiminallisuuksia nykyisellä AMR 2.0 mittariteknologialla on toteutettavissa?

- Miten hyvin uudet energiayhteisö- ja aggregointiratkaisut soveltuvat VENI:n kaltaiselle palveluntarjoajalle?
- Millaisin ominaisuuksin VENI:n mittaus- ja energianhallintapalvelu voisi vastata energiamurroksen aiheuttamiin asiakkaiden tarpeisiin nyt ja tulevaisuudessa?

1.2 Mittaus- ja energianhallintapalvelu

VENI tarjoaa kiinteistöjen omistajille mittaus- ja energianhallintapalvelua, jossa kiinteistöön asennetaan etäluettava sähkön takamittausjärjestelmä. Palvelun aikana VENI hoitaa kiinteistön sisäisen sähkön mittauksen ja vuokralaisten laskutuksen automatisoidusti palveluna kiinteistön omistajalle (kuvio 1). VENI toimii siis ikään kuin kiinteistön sisäisenä ”verkkoyhtiönä” laskuttaen vuokralaisia ja kiinteistöä kulutusten mukaan. VENI pystyy käsittelemään oman tuotannon ja hyvittämään sen kiinteistölle täysimääräisesti. Palveluun voidaan tarvittaessa liittää myös veden ja lämpöenergian käsittely. Palvelu vapauttaa kiinteistön omistajan resursseja, jotta tämä voi keskittyä ydinliiketoimintaansa, sekä näyttäytyä kiinteistön kehittämisenä ja arvon nousuna. Järjestelmä mahdollistaa lisäpisteiden keräämisen ympäristösertifikaateista ja helpottaa erilaisten vastuullisuusraporttien tekemistä.



KUVIO 1. VENI kohdistaa päämittarin laskut loppukäyttäjille kulutuksen mukaan.

Palvelun myötä kiinteistön omistaja sekä loppukäyttäjät saavat näkymät omiin kulutuksiinsa VENI:n portaalin kautta. VENI:n palvelu mahdollistaa olemassa olevien verkon mittareiden purkamisen ja korvaamisen VENI:n takamittareilla, jolloin kiinteistön sähkönhankinta voidaan hoitaa keskitetysti ja kilpailutetusti kiinteistön liittymän päämittarille mahdollistaen kiinteistön omistajalle kontrollin kiinteistön sisäiseen sähkön hinnoitteluun. Takamittaroidussa kiinteistössä myös oma tuotanto voidaan mitoittaa suuremmaksi koko kiinteistön kulutusta vasten. Palvelu voidaan räätälöidä esimerkiksi rakentamalla rajapinta asiakkaan järjestelmään, jos kiinteistössä on väylään liitetty standardit täyttävä mittarikanta.

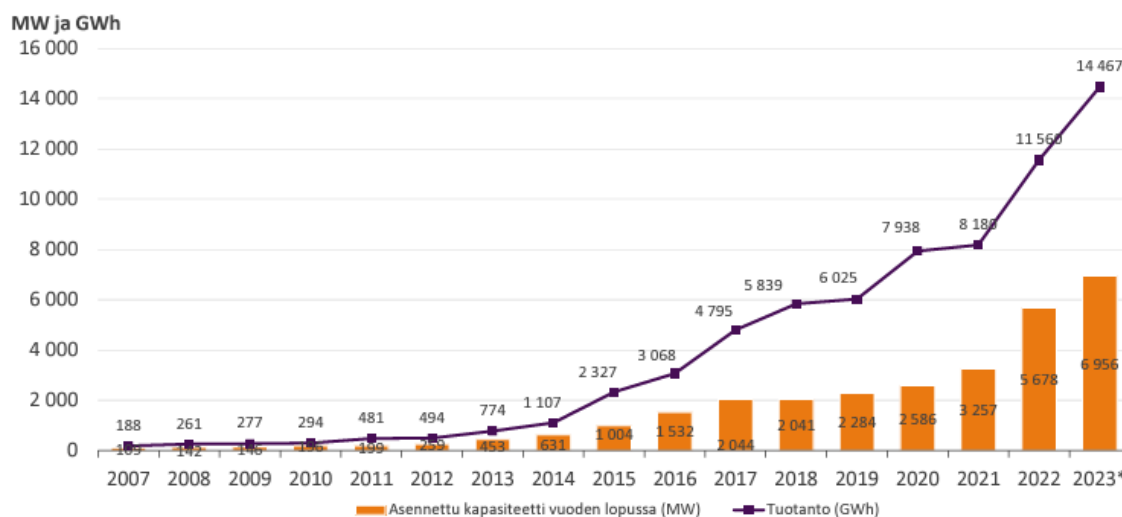
1.3 Työn sisältö, tutkimusmenetelmä ja rajaukset

Tutkimusmenetelmäksi on valittu kirjallisuuskatsaus, jolla on tarkoitus kerätä eri lähteistä tietoa tutkimuskysymyksiin vastaamiseksi ja toimintaympäristön hahmottamiseksi. Teoriaosuuden alussa pyritään ymmärtämään kiinteistöjen asemaa muutoksen keskellä olevan sähköenergiajärjestelmän osana. Siitä siirrytään käsittelemään kiinteistöihin ja niiden sähkön mittaukseen vaikuttavaa sääntelyä. VENI:ssä havaittujen kehityskulkujen takia on teoriaosuuteen koottu tietoa myös energiayhteisöihin, aggregointiin, sähkömarkkinoihin ja nykyiseen mittalaiteteknologiaan liittyen. Tietoa keräämällä lisätään ymmärrystä tutkimuksen aiheista ja analysoidaan palvelun ominaisuuksia kerättyyn tietoon peilaten. Mahdollisten uusien palvelumallien ideoiminen vaatii hieman myös katsomista tulevaisuuteen. Tutkimustuloksia tarkastellaan vastaamalla työn lopussa tutkimuskysymyksiin sekä analysoimalla tulevaisuuden näkymiä.

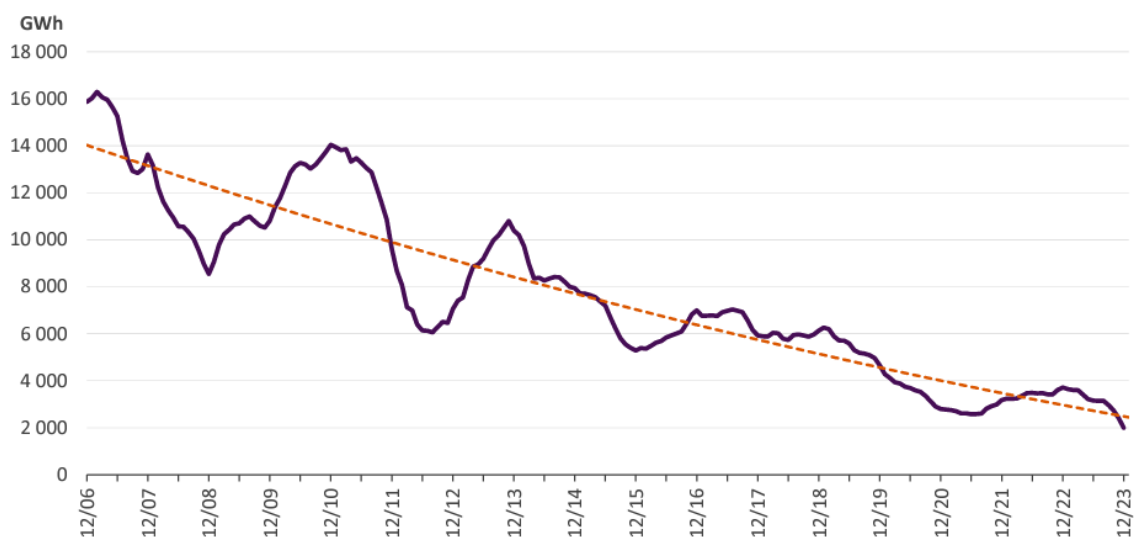
Teoriaosuus on rajattu siten, että teknologiaa, lainsäädäntöä ja sähkömarkkinoita käsitellään riittävällä tasolla niiden vaikutuksen ymmärtämiseksi, sillä aiheissa riittäisi sisältöä täysin omiin tutkimusprojekteihinsakin. Pelkästään VENI:n palveluakin voisi tarkastella analysoimalla liiketoimintamallia tai palvelumuotoilun näkökulmasta. Työssä on pyritty saavuttamaan tasapaino aiheiden välillä, jotta voidaan ymmärtää iso kuva ja tunnistaa mahdollisia jatkotutkimustarpeita. Käsiteltävien aiheiden laajuudesta huolimatta niitä yhdistää VENI:n näkökulma ja tiedon tarve. Tämä toivottavasti auttaa orientoitumaan opinnäytetyön lukemiseen sekä ymmärtämään valittujen aiheiden välisiä yhteyksiä ja työn rakennetta.

2 KIINTEISTÖT OSANA SÄHKÖENERGIAJÄRJESTELMÄN MURROSTA

Luvun tarkoitus on luoda orientoiva katsaus kiinteistöjen rooliin osana energiamurrosta ennen työn varsinaisen teoria- ja tutkimusosuuden alkua. Viimeistään vuoden 2022 aikana iskenyt energiakriisi on tuonut laajempaan tietoisuuteen, millaisen muutoksen keskellä nykyinen energijärjestelmä on. Venäjän aloittaman hyökkäyssodan seuraukset ovat vauhdittaneet entisestään ilmastonmuutoksen vastaisen taistelun käynnistämää vihreää siirtymää ja energiamurrosta. Säädetävän sähköenergian tuotannon osuus pienenee, kun vihreämmät sääriippuvaiset tuotantomuodot yleistyvät. Tuotannon ennustaminen vaikeutuu ja sähköverkon laadun ylläpitäminen esimerkiksi tehotasapainon ja inertian osalta on haastavampaa. Energiakriisin aiheuttamat sähkön hinnan heilahtelut ovat havahduttaneet ihmisiä tarkkailemaan ja säätämään omia kulutustottumuksiaan ja nostanut energiansäästön sekä kulutusjouston terminä kaikkien huulille. Meneillään olevaa muutosta kuvaavat esimerkiksi Energiateollisuuden (2024) julkaisemat tilastot (kuviot 2 ja 3) tuulivoimakapasiteetin sekä kivihieillä tuotetun sähkön kehityksestä.



KUVIO 2. Tuulivoimakapasiteetin kehitys vuodesta 2007 on ollut nousujohteinen (Energiateollisuus ry 2024).



KUVIO 3. Kivihiilellä tuotetun sähkön määrän kehitys vuodesta 2006 alkaen on laskenut merkittävästi (Energiateollisuus ry 2024).

2.1 Kiinteistöjen osuus EU:n energiankulutuksesta ja päästöistä

Pariisin ilmasopimuksessa asetetut tavoitteet hiilineutraaliudesta ja niiden täyttämiseksi laadittu EU:n vihreän kehityksen ohjelma, eli EU Green Deal, vaikuttavat merkittävästi myös kiinteistöjen asemaan osana tulevaisuuden sähköenergiajärjestelmää. Rakennukset tuottavat yli kolmanneksen EU:n kasvihuonekaasupäästöistä ja niiden osuus koko EU:n energiankulutuksesta on 40% (Euroopan Unionin Neuvosto. 2024). Siemens ja nykyisin LCP Delta -konserniin kuuluva asiantuntijayritys Delta-EE (2021) ovat koostaneet asiantuntijoiden näkemyksiin ja markkinatutkimukseen perustuen white paper -julkaisun, jossa esitetyn arvion mukaan kiinteistöalan energiaintensiteetti on laskenut vuosittain 0,5–1 prosenttia vuodesta 2010 lähtien. Julkaisun mukaan kiinteistöala kuitenkin kasvaa maailmanlaajuisesti noin 2,5 prosenttia, mikä on enemmän kuin energiain- tensiteetin lasku. Julkaisussa viitataan Euroopan unionin näkemykseen, jonka mukaan kiinteistöjen hiilineutraaliuden saavuttaminen on haastavaa, sillä energiatehokkuustoimenpiteiden jälkeenkin kiinteistö tarvitsee energiaa joko sähköverkosta tai paikallisesti tuotettuna. Keskeistä kiinteistöalan hiilineutraaliudelle onkin kiinteistön käyttämän energian tuotantotavat. (Sähköverkon aktiiviset kiinteistöt 2021, 4-5.)

Kiristyvät vaatimukset energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisen osalta eivät kuitenkaan ole pelkästään rajoite, vaan ne tarjoavat niihin reagoimaan kykeneville toimijoille myös mahdollisuuksia. Hyvällä menestyksellä ympäristösertifioinneissa, kuten LEED tai BREEAM voi olla positiivisia vaikutuksia kiinteistön arvoon sekä yritysten imagoon ja brändäykselle. Vastuullisuuden ja siitä raportoinnin merkitys yrityksissä korostunee lähivuosina vielä nykyisestään ja sertifikaatit ovatkin yrityksille keino toimintansa vastuullisuuden osoittamiseksi. Lainsäädännön päivitysten myötä mahdollistuneet energiayhteisöt avaavat kiinteistöille mahdollisuuksia muodostaa erilaisia yhteenliittymiä ja keinoja hyödyntää monipuolisesti energiaan liittyviä resurssejaan. Toisaalta kiristyvien tavoitteiden saavuttaminen vaatii yleensä myös investointeja, jotka saattavat olla haastavia toteuttaa ilman tukia tai rakennuksissa, joiden arvo on laskenut merkittävästi.

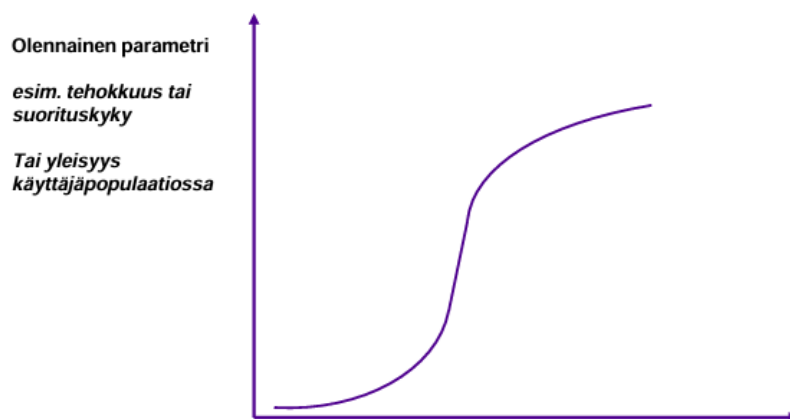
Siemens (2021) jakaa kaupallisen ja teollisen sektorin hiilipäästöjen vähentämiseen vaikuttavat tärkeimmät teknologiatrendit seuraaviin.

- Siirtymä vanhasta energiajärjestelmästä uuteen, jossa hajautettu uusiutuva energia korvaa keskitetyn fossiilisen tuotannon.
- Teknologiat, jotka helpottavat uusiutuvan tuotannon integroitumista osaksi energiajärjestelmää, kuten energiavarastot, kulutuksen jousto ja sähköinen liikenne.
- Digitalisaatio, joka tuo radikaalin muutoksen vanhaan energiajärjestelmään verrattuna. Esimerkkinä tästä ovat mikroverkot ja virtuaalivoimalaitokset. (Sähköverkon aktiiviset kiinteistöt 2021, 6.)

2.2 Missä vaiheessa energiamurros on?

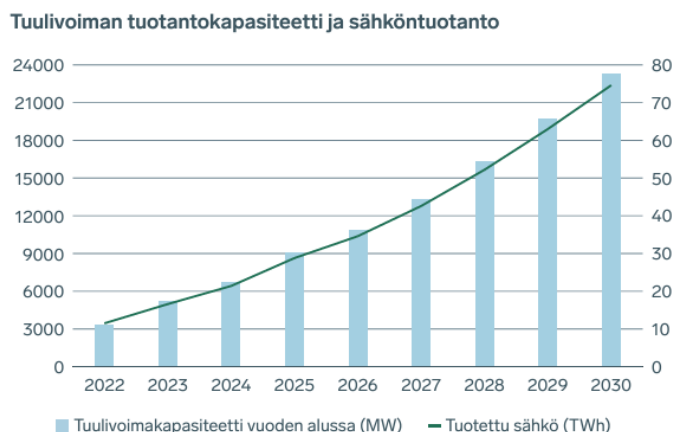
Energiamurroksen parissa toimivien yritysten näkökulmasta on kiinnostavaa pohdita, kuinka pitkälle energiamurros on edennyt ja kuinka paljon sitä on vielä edessä. Tulevaisuuden ennustamisen kykyä ei ole kenelläkään, mutta kehitystä voidaan analysoida esimerkiksi peilaten sitä yleiseen teknologioiden kehitystä kuvaavaan S-käyrään (kuvio 3). Tarkasteltaessa useita historiassa esiintyneitä teknologioita, on niitä kuvaavien olennaisten parametrien huomattu noudattelevan

S-käyrän muotoa teknologian elinkaaren aikana. Kari Leppälä (2014) kertoo kirjassaan Innovaattorin Opas kasvun alkavan, kun yleiset periaatteet ja potentiaali on ymmärretty, eli teknologia vaikuttaa lupaavalta. Parametrin kasvu kiihtyy, kunnes se alkaa törmätä käytännöllisiin tai fysikaalisiin rajoihin. Kasvun taittumista sanotaan teknologian kypsän vaiheen saavuttamiseksi. S-käyrän muoto voi hieman vaihdella teknologiakohtaisesti, mutta on kuitenkin ollut tunnistettavissa Kuvion 4 kaltaiseksi. (Leppälä 2014, 73.)

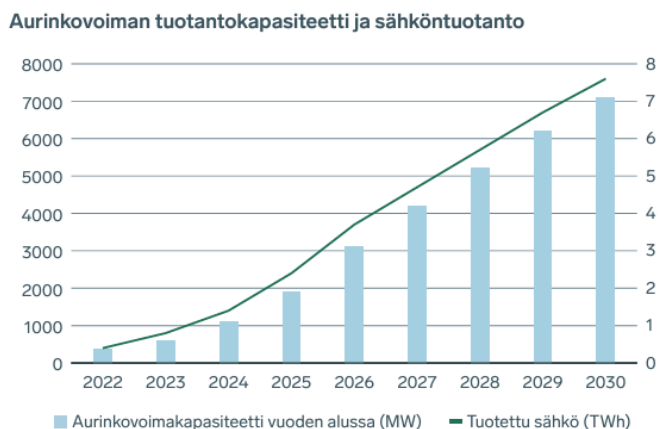


KUVIO 4. Teknologian kehittymisen yleinen S-käyrä (Jähi 2023, 5).

Fingrid (2023) on viimeisimmässä kantaverkon kehittämissuunnitelmassaan julkaissut visionsa tuuli- ja aurinkovoiman tuotannon kehityksestä Suomessa lähivuosina (kuviot 5 ja 6). Tarkasteltaessa kuvaajia voidaan huomata, että mikäli energiamurrosta kuvaavaksi parametriksi valitaan jommankumman uusiutuvan sähkön tuotantotavan kehitysnäkymät, voidaan olettaa Suomessa olevan vasta siirrytty kasvun vaiheeseen.



KUVIO 5. Fingridin näkemys tuulivoiman kehityksestä (Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024-2033, 77).



KUVIO 6. Fingridin näkemys aurinkovoiman kehityksestä (Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024-2033, 79).

Alalla toimivien yritysten näkökulmasta kiinnostavaa on Leppälänkin (2014) kirjassaan esiin tuoma näkemys, että teknologian ollessa epäkypsässä kehittyvässä tilassa yritysten menestykseen vaikuttaa kyky omaksua nopeasti uusia toimintatapoja tai keksiä niitä itse. Keksintöjen ja parannusten määrä onkin suurin kovimmassa kasvun vaiheessa. Vasta kypsään vaiheeseen siirryttäessä toimintakulttuuri keskittyy tuottamiseen ja sen tehokkuuteen. Kasvuvaihe yleensä houkuttelee alalle eniten yrityksiä, joiden määrä karsiutuu kypsymisvaiheessa. Kasvuvaiheen aikana usein myös ilmenee jonkinlainen vallitseva tuotetyyppi, jonka luonut yritys saa kilpailuedun. Vallitsevan tuotetyypin myötä kilpailun luonnekin muuttuu tavanomaiseksi tehokkuus- ja kustannuskilpailuksi. Leppälän näkemyksen ja edellä esitettyjen kuvaajien pohjalta näyttäisi siis, että olemme energiamurroksen parissa kasvun vaiheessa, jossa menestyvimmit yritykset ovat kyvykkäitä mukautumaan jatkuvasti kehittyviin teknologioihin ja toimintaympäristön muutoksiin. (Leppälä 2014, 75, 144.)

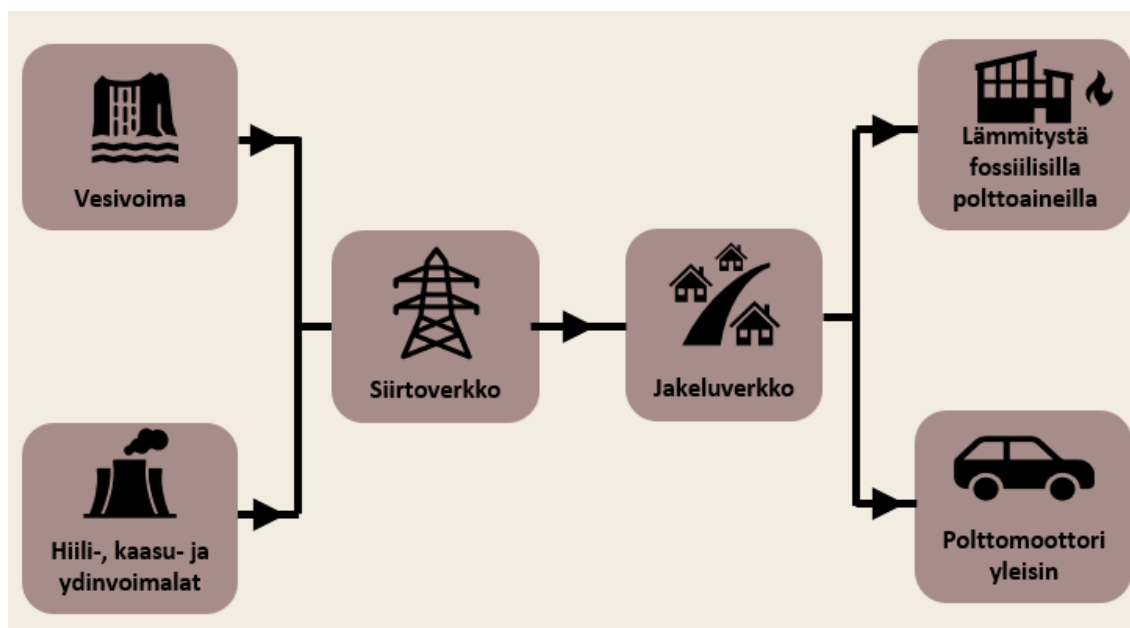
2.3 Energiamurroksen teknologioita kiinteistöissä

Vihreä siirtymä ei voi toteutua ilman merkittävää määrää uusien teknologisten ratkaisujen käyttöönottoa ja omaksumista. Tämä tarve leikkaa halki koko sähköenergiajärjestelmän tuotantolaitoksista, verkkoyhtiöiden kautta aina yksittäiseen loppukäyttäjään asti. Seuraavaksi käsitellään lyhyesti olennaisimpia energiamurrokseen liittyviä ja vihreän siirtymän mahdollistavia teknologisia ratkaisuja. Tämä

on tarpeellista, jotta voidaan ymmärtää, millaisia vaikutuksia myöhemmin käsiteltävällä lainsäädännöllä niihin on tai miten kyseiset teknologiat liittyvät työn tutkimuskysymyksiin.

2.3.1 Älykäs sähköverkko ja Grid Edge

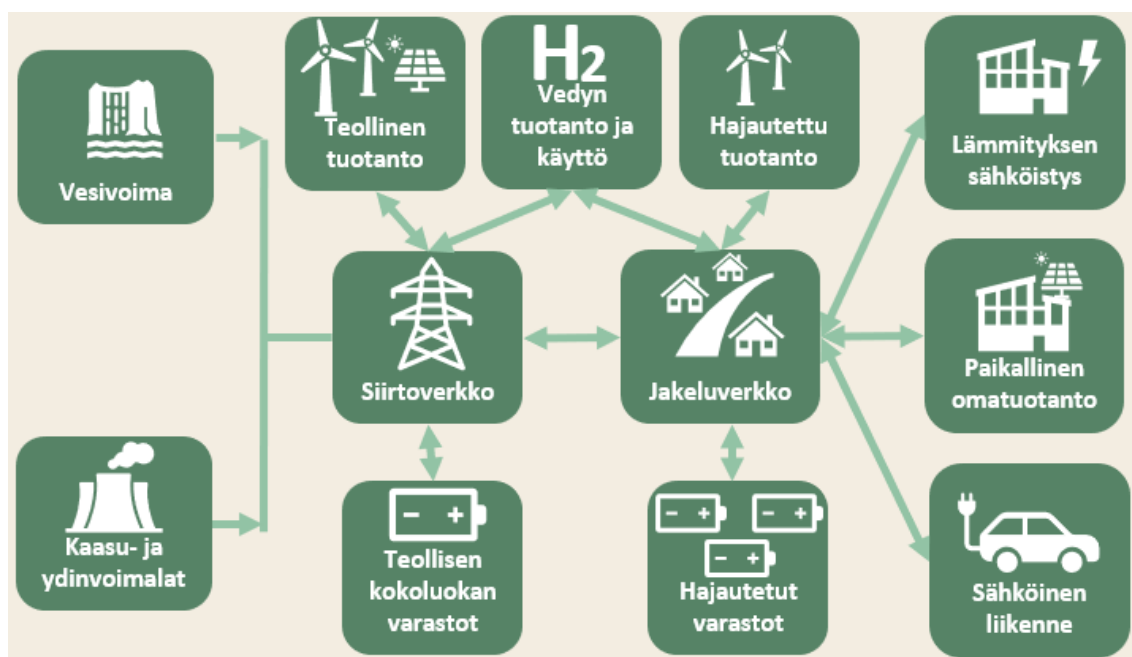
Energiamurroksen myötä on käynnissä muutos vanhan mallisesta energiajärjestelmästä kohti uudempaa. Vanha malli (kuvio 7) on perustunut keskitettyyn ja hiilipohjaiseen tuotantoon ja yksisuuntaiseen energian siirtoon. Järjestelmän digitalisaation aste on ollut matala, ja sen tuottama arvo on keskittynyt vahvasti ketjun yläpäähän. Kulutuskohteen roolina on ollut suurelta osin vain passiivisesti kuluttaa ja maksaa ostamastaan energiasta. Energiamurroksen myötä myös rakennukset ja kiinteistöt tuleekin tunnistaa sähkömarkkinoiden aktiivisina toimijoina. (Sähköverkon aktiiviset kiinteistöt 2021, 6.)



KUVIO 7. ”Vanha” energiajärjestelmä (Sähköverkon aktiiviset kiinteistöt 2021, 6, muokattu).

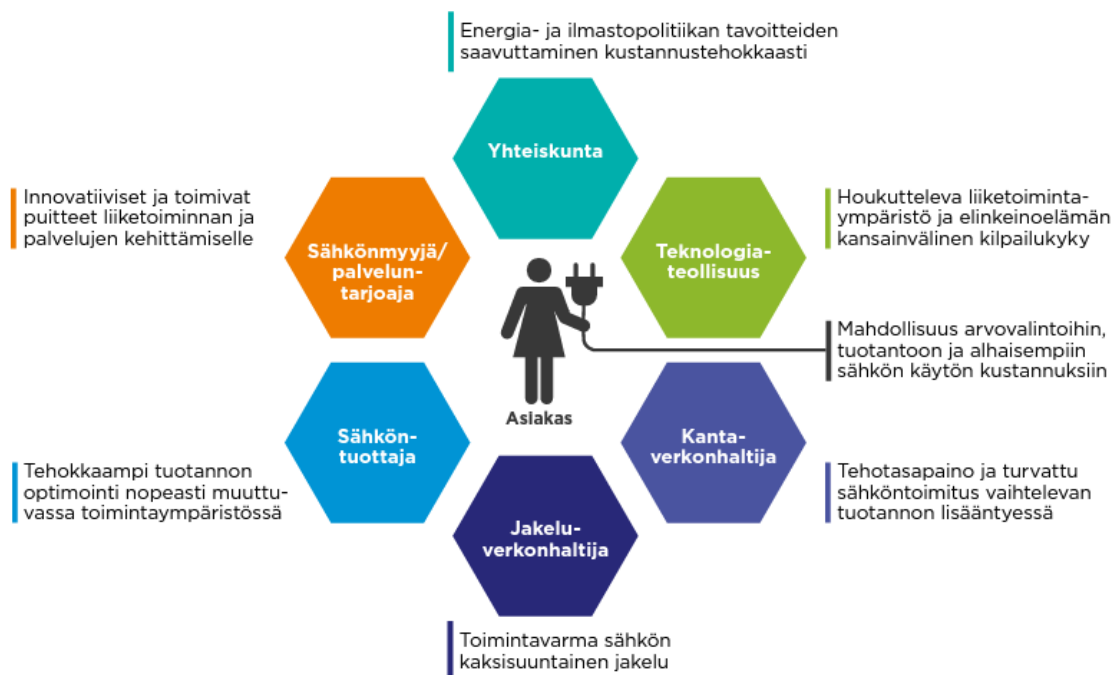
Uudessa energiajärjestelmässä (kuvio 8) päästöttömät energiantuotanto ja -varastointiresurssit ovat hajaantuneempia ja energiavirrat ovat dynaamisempia sekä joustavia. Järjestelmä on asiakaskeisempi, luoden arvoa ketjun alapää-

hän ja mahdollistaa monipuoliset palveluntarjoaja osapuolet. Järjestelmä on hyvin vahvasti digitalisoitu ja datan ohjaama. (Sähköverkon aktiiviset kiinteistöt 2021, 6.)



KUVIO 8. "Uusi" energiajärjestelmä (Sähköverkon aktiiviset kiinteistöt 2021, 6, muokattu).

Työ- ja elinkeinoministeriön Älyverkkotyöryhmän loppuraportissa Joustava ja asiakaskeskeinen sähköjärjestelmä luodaankin näkemystä tulevaisuuden älykkästä sähköjärjestelmästä palvelualustana, johon eri toimijat liittyvät säilyttäen kuitenkin keskiössä asiakkaan (Pahkala, Uimonen & Väre 2018, 11). Tätä kokonaisuutta on havainnollistettu kuviossa 9. Älyverkkovisio edellyttää monipuolista eri toimijoiden ja järjestelmien välistä integraatiota, mikä tarkoittaa älyn määrän lisääntymistä sähköverkon ja siihen kytketyn kohteen rajapinnassa. Rajapinnasta käytetään ilmausta Grid Edge, mikä on melko laaja kattotermi tarkoittamaan rajapinnan lisäksi siihen liittyviä teknologioita. Näiden teknologioiden roolina on mahdollistaa älykkäät interaktiiviset kiinteistöt ja niiden vuorovaikutus älykkään sähköverkon kanssa. Vuorovaikutuksen tarkoituksena Siemensin (2021) mukaan on vähentää fossiilisten polttoaineiden kokonaiskulutusta ja taata sähköverkon vakaus säätämällä energiankulutusta. Tarkoituksena on myös tuottaa voittoa myymällä energiaa, tuottamalla sitä joustavasti tai joustamalla kulutuksessa verkon tarpeen mukaisesti. Tämä tukee vähähiilistä ja vakaata sähköverkkoa koko yhteiskunnalle. (Sähköverkon aktiiviset kiinteistöt 2021, 3.)



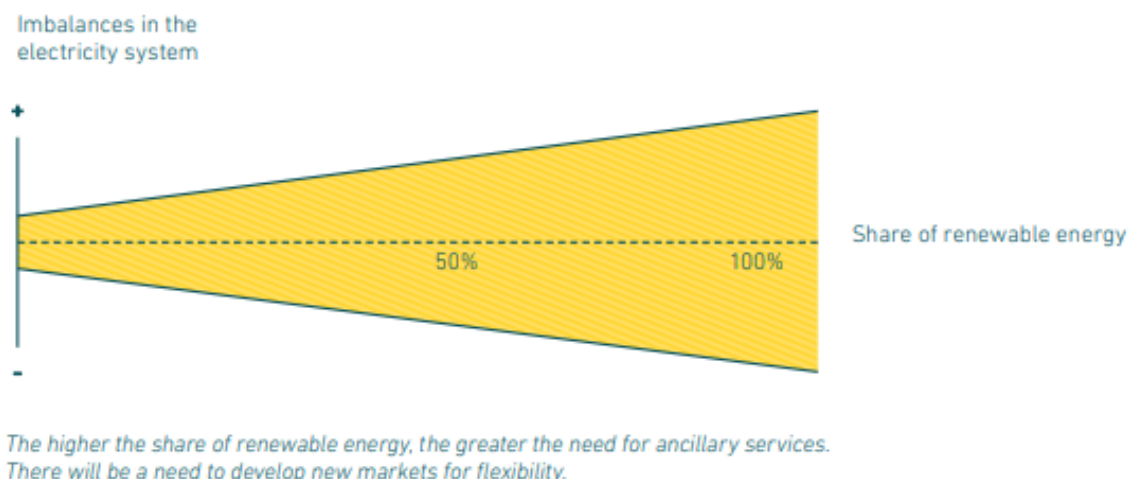
KUVIO 9. Älyverkkovisio TEM:n työryhmän loppuraportista (Pahkala ym. 2018, 11).

ProCemPlus-työryhmän (2021) mukaan uusimman sähkömarkkinadirektiivin myötä sähköjakeluyhtiöistä on tulossa aitoja järjestelmäoperaattoreita perinteisten verkko-operaattoreiden sijaan. Tarkoittaen, että jakeluverkkojen hallinnassa tullaan hyödyntämään jatkossa joustoa osana verkon kapasiteetin, käyttövarmuuden ja laadun hallintaa. Tämä mahdollistaa verkkoinvestointien ajattelemisen uudella tavalla, koska joustot tarjoavat vaihtoehtoisen tavan hallita verkkoa passiivisten verkkoinvestointien sijaan. Esimerkkeinä passiivisista investoinneista mainitaan avojohtojen vaihtaminen kaapeleiksi käyttövarmuuden parantamiseksi, verkon kapasiteetin kasvattaminen suuremmilla muuntajilla tai asiakasta syöttävän johdon vahvistaminen jännitteen laadun parantamiseksi. (Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem. 2021, 66.)

2.3.2 Kulutusjousto

Energiamurroksen tuomien muutosten myötä pelkästään sähkön tuotannon säästökyky ei enää riitä tasaamaan kulutuksen vaihteluja ja pitämään yllä tehotasapainoa. Joustoa järjestelmään tuleekin löytyä sekä tuotannosta että kulutuksesta.

Jouston merkitystä alleviivaa myös Honkapuron ym. (2020) Jousto 2035-visio, jossa todetaan tasapainottamiseen tarvittavan joustotehon tarpeen vuonna 2035 olevan jopa 76% vuorokauden keskitehosta, jos tuulivoiman osuus kasvaa merkittävästi ja muun tuotannon sekä kulutuksen profiilit pysyvät ennallaan. Tutkijaryhmän mukaan viikkotasollakin joustotarve olisi suurimmillaan 50 % keskitehosta. (Honkapuro ym. 2020, 36.) Kuviossa 10 havainnollistetaan kasvavaa joustotehon tarvetta Tanskan kantaverkkoyhtiön Energinetin (2022) kuvaajan avulla.



KUVIO 10. Kasvava uusiutuvan energian osuus kasvattaa myös jouston tarvetta (Energinet 2022, 16).

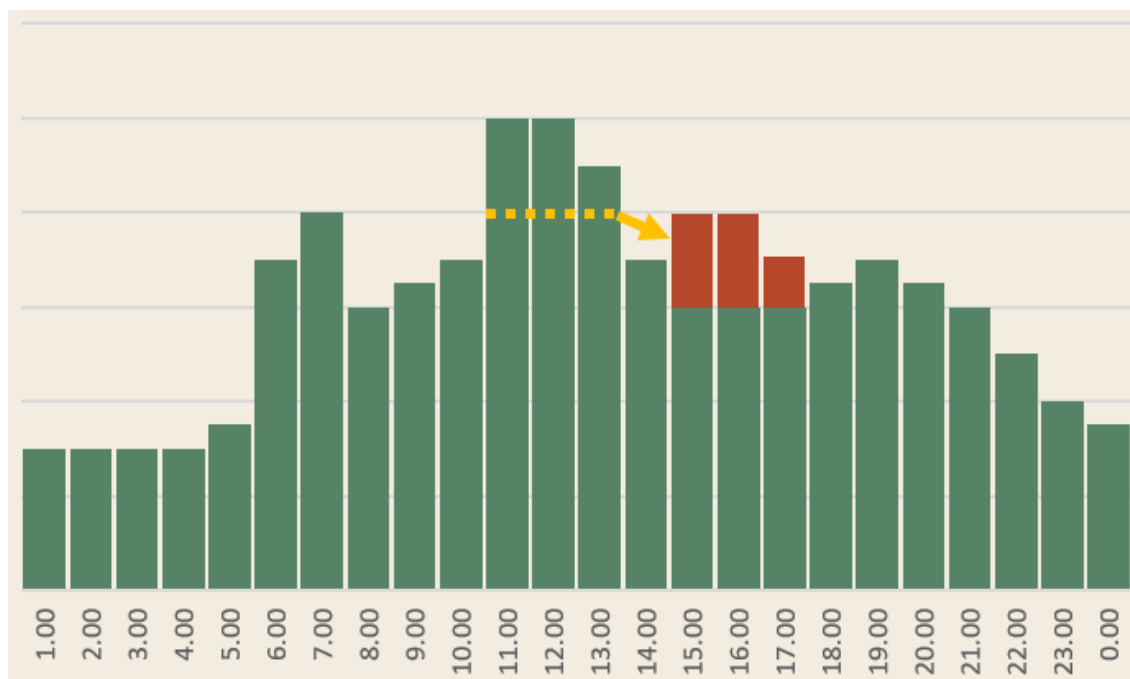
Kulutusjoustolla voidaan yksinkertaistaen tarkoittaa sähkönkäytön muuttamista suunnitellusta. Kulutusjousto on ohjaa vahvasti sähkön hinnoittelu, mutta Järventaustan ym. (2015) mukaan termi sisältää laajan joukon erilaisia toimintoja, joiden merkitys, tarve ja ansaintalogiikka vaihtelevat toimijan näkökulmasta. Kulutusta joustamalla voidaan muun muassa hallita kantaverkon tehotasapainoa ja sähkön myyjän tasetta, vaikuttaa jakeluverkon mitoituskeinoihin ja tuottaa säästöä pienkuluttajalle. (Järventausta ym. 2015, 3.) Tulevaisuuden sähköjärjestelmässä voitaisiin olettaa erilaisten toimijoiden hyödyntävän kulutusjoustoja omassa liiketoiminnassaan.

Kiinteistöjen kulutusjoustopotentiaalia kuvaa niiden varsin suuri osuus vuoden huippukulutuksen hetkinä. Honkapuro ym. (2020) toteaa, että vuonna 2016 tutkitun tammikuun tehoiikin sähköenergian kulutuksesta 66,1% toimitettiin jakeluverkkojen kautta. Näin ollen jakeluverkkoon kytkettyjen kuormien joustolla on suuri merkitys suoraan kantaverkkoon kytkettyjen teollisuuskuormien lisäksi.

(Honkapuro ym. 2020, 9.) Vuoden 2023 sähkön kokonaiskäyttöä tarkasteltaessa asumisen ja maatalouden sekä palvelujen ja rakentamisen yhteenlaskettu osuus oli 54% (Energiateollisuus ry 2024). Kiinteistöjen kulutuksenjoustolla on siis merkitystä valtakunnallisesti tehotasapainon hallinnan kannalta, mikäli kiinteistöt saadaan aktiivisiksi kulutusjouston tarjoajiksi. Vuoden 2024 tammikuun 5. päivä nähtiin Suomessa siihen mennessä kaikkien aikojen korkeimmat vuorokausimarkkinan hinnat, jotka verollisina nousivat yli kahteen euroon kilowattitunnilta. Tuolloin kulutus jousti korkean hinnan ohjaamana noin 800 MW vuorokausimarkkinoille arvioidusta (Fingrid 2024).

Kiinteistön näkökulmasta sen käyttämän sähkön oletettu huipputeho vaikuttaa jo liittymän mitoitukseen ja näin ollen sen hintaan. Liittymän koko ja volyyymi taas vaikuttavat suoraan sähkön siirtotuotteen valintaan. Toteutuneet huipputehot vaikuttavat päätöshomaksun suuruuteen, mikäli sellainen sisältyy kiinteistön siirtotuotteeseen. Jos kiinteistön ostoenergia on dynaamisesti hinnoiteltua, voidaan säästöjä saada aikaiseksi myös sähköenergian hinnasta siirtämällä kulutusta edullisemmille tunneille tai leikkaamalla sitä kokonaan pois. Tällaista sähkön hintaan reagoiden tehtyä joustoa, jota sähkökuluttaja tekee hyödyttääkseen itseään, kutsutaan implisiittiseksi kulutuksenjoustoksi (VTT n.d.b).

Kulutusta siirtäessä ei vähennetä kokonaisenergiankulutusta, vaan optimoidaan sen jakautumista vuorokauden tunneille käyttämällä sähköä silloin, kun se on edullista. Siirto voidaan toteuttaa sähkönkäyttäjien toimesta manuaalisesti tai se voi perustua jonkinlaiseen ohjausautomaatioon. Esimerkkinä sähköauton lataus, jossa kotilatauslaite lataa akun painottaen edullisimman hintaisia tunteja. Alla kuviossa 11 on esitetty yksinkertaistetusti kulutuksen siirron periaate, jossa huippukulutuksen tunneilta osa kulutuksesta siirretään toiselle ajankohdalle tasaten näin kulutusprofiilia.



KUVIO 11. Keltaisella merkitystä kohdasta leikattu kulutus siirtyy myöhemmälle.

Kokonaisenergiankulutukseen vaikuttaville joustotoimille tarve tulee usein jostain muualta, kuin kulutuskohteelta itseltään ja kyseenomaista muita hyödyttävää toimintaa kutsutaan eksplisiittiseksi kulutusjoustoksi (VTT n.d.b). Eksplisiittisen jouston houkuttelevuuden kannalta muutoksen sähkön käytössä tulisi hyödyttää taloudellisesti myös jouston toteuttajaa kompensoiden jouston aiheuttamia vaikutuksia esimerkiksi tuotantoprosessin hetkellisestä alasajosta. Nykytilanteessa Suomessa tämä toteutuu Fingridin ylläpitämillä reservimarkkinoilla, joilta Fingrid hankkii joustoa tehotasapainon hallintaan. Reservimarkkinoilla maksetaan korvausta resursseista, jotka ovat Fingridin käytettävissä sähköverkon tehotasapainon hallintaan. Vaihtoehdoisesti muutoksen vaikutuksen pitäisi olla niin huomattavan, ettei sillä ole käytännössä juurikaan merkitystä. Eksplisiittistä kulutusjoustoa olisi myös esimerkiksi sähkön myyjän tasehallinnan vuoksi tehtävä jousto.

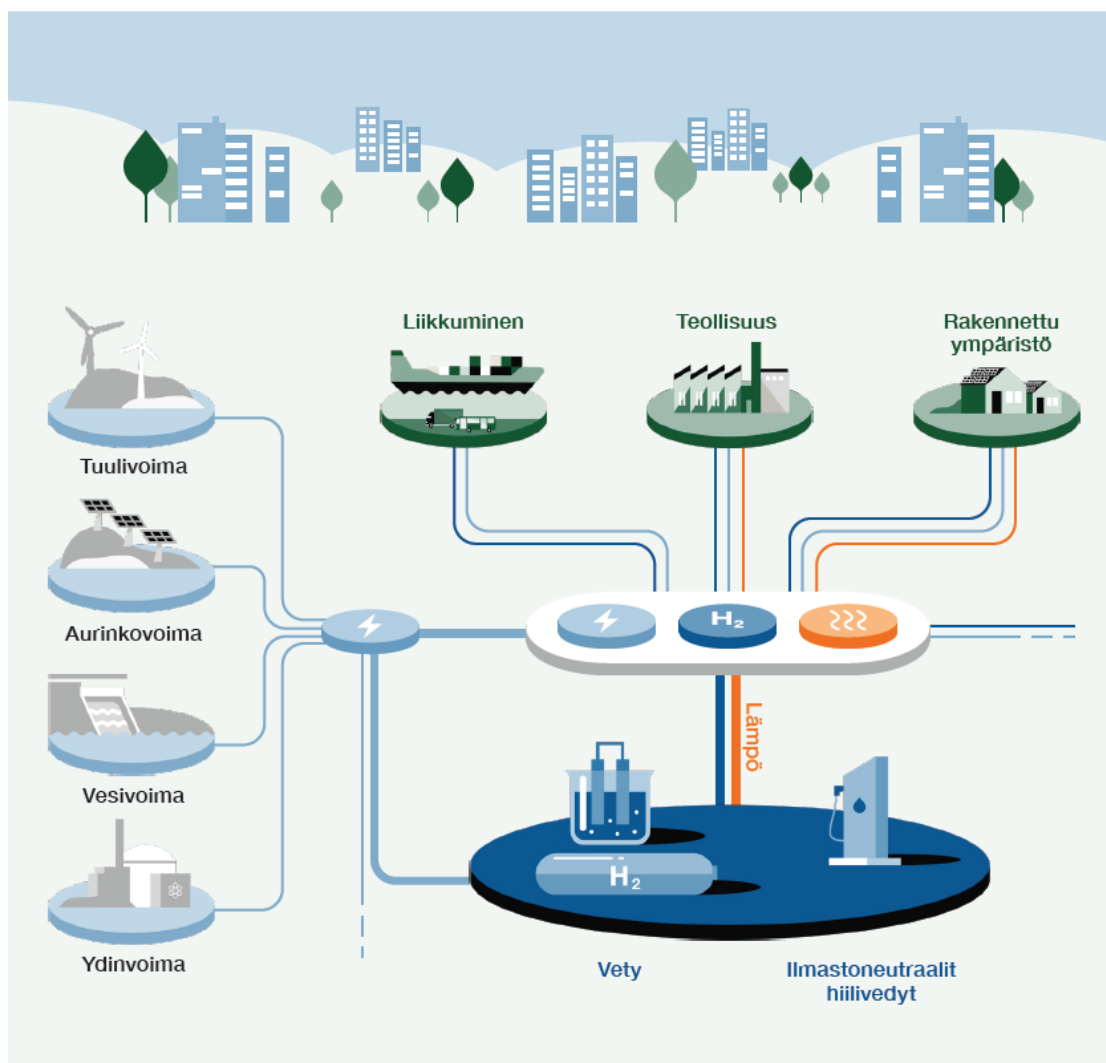
Kiinteistön omistajia kulutusjoustoon kannustaa myös EU:n EPBD-energiatehokkuusdirektiivissä säädetyt päästötön rakennus sekä rakennusten älyvalmiutta kuvaava indikaattori SRI, joka tulee sanoista Smart Readiness Indicator. Rakennusten älykkyyssindikaattorilla arvioidaan rakennusten älyvalmiuksia yhtenevän menetelmän avulla. Arviointi kohdistuu ennen kaikkea rakennuksen taloteknisiin järjestelmiin ja indikaattorin avulla voidaan arvioida niiden tasoa energiatehokkuuden, rakennuksen käyttäjän sekä energian kulutusjouston näkökulmasta. SRI

on Suomessa testausvaiheessa, jonka jälkeen sen käyttöönottavasta tehdään päätöksiä. Päästön rakennus taas kykenee mukauttamaan energiankäyttöään ulkoisten signaalien pohjalta. Päästöttömiä rakennuksia ja älyvalmiusindikaattoria käsitellään lisää EPBD-direktiiviä koskevassa luvussa 3.1.7. (Motiva 2023.)

2.3.3 Sektori-integraatio, oma tuotanto ja energian varastointi

Nimensä mukaisesti sektori-integraatiossa kytketään yhteen eri energiamuotojen tuotantoa, jakelujärjestelmiä, varastoja ja kulutusta. Tuotettu energia voi siirtyä energian kantajalta toiselle ja sitä voidaan varastoida. Esimerkkinä tästä on tuotetun sähkön varastointi lämmöksi ja varastoidun lämmön jakelu myöhemmin kaukolämpöverkossa kulutuskohteisiin. Yksinkertaistaen sektori-integraatiota voisikin kuvata energian kierrättämiseksi, sillä tuotettua energiaa hyödynnetään siellä missä sille on kulloinkin tarvetta ja vähennetään hukkaenergian määrää syöttämällä esimerkiksi vedyn tuotannon hukkalämpöjä kaukolämpöverkkoon. Sektori-integraatio lisää energijärjestelmän joustokykyä ja kytkee eri toimijoita tiiviimmin toisiinsa (VTT n.d.a, 4). Muita sektori-integraatiolla saavutettavia hyötyjä ovat ainakin päästöjen vähentyminen, järjestelmän luotettavuuden parantuminen sekä hintapiikeiltä suojauminen. Järjestelmään liittyneet toimijat vuorollaan ottavat energiaa lämpö- ja sähköverkoista tai syöttävät yksin tai energiayhteisön osana tuottamaansa energiaa lämpö- ja sähköverkkoihin. (Energiayhteisöt ja erilliset linjat Energiayhteisöryhmän loppuraportti 2023, 45-46.)

Käytännön esimerkkinä toimii kaukolämpöjärjestelmä, jonka roolina Työ- ja elinkeinoministeriön sektori-integraatiotyöryhmä (2023) näkee tulevaisuudessa toimia sektori-integraatioalustana. Järjestelmään voi kytkeytyä sähkökattiloita, biokaasun polttolaitoksia, lämpöpumppuja, geolämpöä ja erilaisia hukkalämmön lähteitä. Erillislämmitetyissä kohteissa kiinteistökohtaiset älyratkaisut mahdollistavat vastaavanlaiset ratkaisut ja eri energialähteiden hyödyntämisen. (Sektori-integraatiotyöryhmän loppuraportti 2023.) Sektori-integraation periaatetta esitetään kuviossa 12.

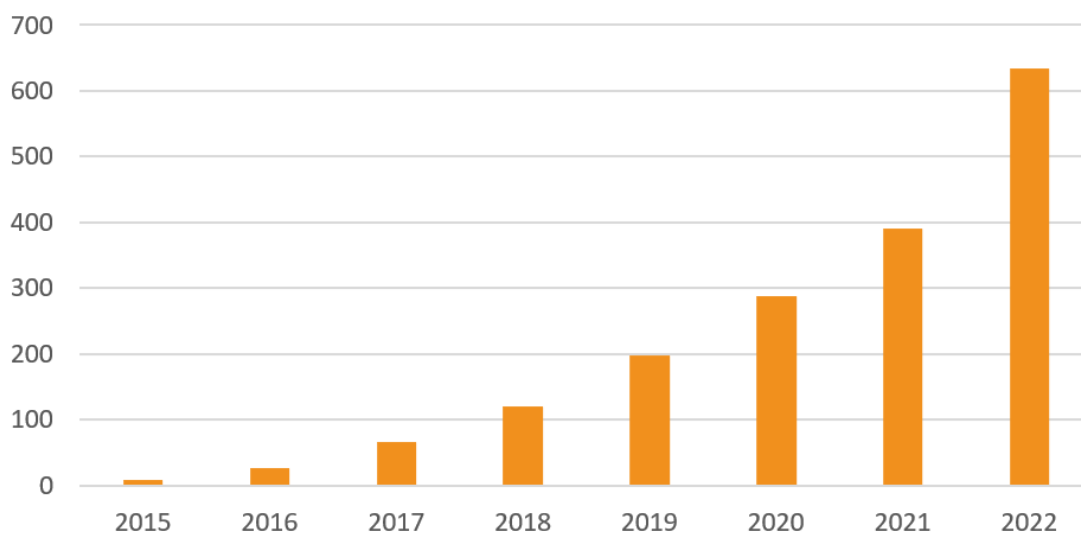


KUVIO 12. Sektori-integraatiossa energia liikkuu ja varastoituu eri järjestelmien, energiantantajien ja tasojen välillä. (VTT n.d.a, 4)

Rakennuksissa on suuri potentiaali sektori-integraation toteuttamiseen, ja kiinteistöjen aktiivisemmasta roolista hyötyvät niiden omistajien lisäksi markkinat ja jakeluverkkoyhtiöt (VTT n.d.a, 11). Sektori-integraatio yhdistettynä paikalliseen omatuotantoon ja energianvarastointiin tarjoavat kiinteistöille lisää työkaluja kulutusjouston ja oman energiankäytön optimoimiselle. Halvan sähkön aikaan voi olla kannattavaa tuottaa lämpöä esimerkiksi sähkökattilalla ja varastoida sitä lämpövarastoon kuten varaajaan tai hiekka-akkuun. Sähkön hinnan noustessa lämpöenergiaa voi taas olla kannattavampaa käyttää varastoista ja ostaa kaukolämpöverkosta. Kiinteistössä syntyvät hukkalämmöt taas voidaan ottaa talteen uudelleen käytettäviksi tai siirtää kaukolämpöverkkoon.

Kiinteistön energiatehokkuuden ja hiilidioksidipäästöjen näkökulmasta olennaista on pystyä vaikuttamaan omaan ostoenergiaan sekä kulutusprofiiliin. Ostoenergian määrän vähentämiseksi on energiansäästötoimien rinnalle noussut viime vuosina nopeasti kasvanut kiinteistöjen omatuotanto erityisesti aurinkopaneelien muodossa. EU-direktiivien päästötöntä rakennusta ja lähes nollaenergiarakentamista koskevat vaatimukset ohjaavat kiinteistöissä tai niiden lähellä tuotetun energian määrän lisäämiseen. Kiinteistön omistaja voi myös tarjota kattonsa kolmannen osapuolen järjestelmän asennuspaikaksi. Kehitystä kuvaa energiaviraston tilastot kuviossa 13, sillä pientuotantokapasiteetista pääosa on asennettuna kiinteistöjen yhteyteen.

Verkkoon liitetty aurinkosähkön pientuotantokapasiteetti (MW)



KUVIO 13. Aurinkosähkön pientuotanto on kasvanut nopeasti (Energiavirasto 2023).

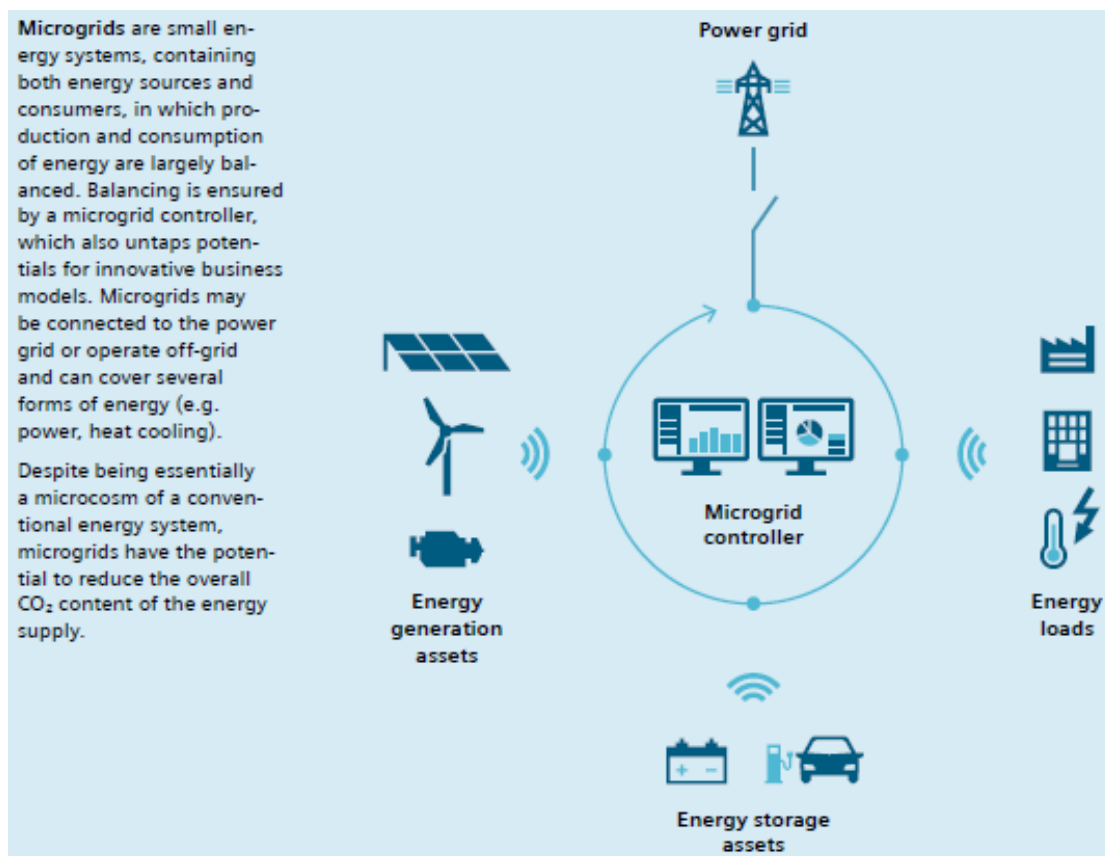
Energian varastointi teknologioiden viime vuosien kehitys on mahdollistanut kiinteistöille uusia tapoja optimoida omaa energiankäyttöään ja reagoida nopeasti muuttuviin tilanteisiin. Akkuteknologiat, erityisesti litiumakut, ovat kehittyneet nopeasti viime vuosina. Niiden hinta on laskenut yli 80 prosenttia viimeisen kymmenen vuoden aikana ja Fortumin (2020) arvion mukaan hinta tulee laskemaan vielä vähintään 80 prosenttia vuoteen 2050 mennessä. (Fortum 2020.) Sähköistyvä liikenne tuo kiinteistöille lähivuosina lisää joustokapasiteettia ja toisaalta myös

sen tarvetta, sillä EU-säädösten ohjaamana on uusille ja saneerattaville kiinteistöille asetettu laissa vaatimuksia latauspisteiden määriä koskien (Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen... 2020). Sähköautojen akkukapasiteettia voidaanakin hyödyntää joustavasti energianvarastointiin ja energiankäytön optimointiin kiinteistön sisällä. Tulevaisuuden tavoitteena on, että akuista voitaisiin tarvittaessa syöttää energiaa myös sähköverkkoon. Tästä käytetään usein nimitystä Vehicle to Grid -teknologia, mutta termit ovat vielä standardoimatta.

2.3.4 Digitalisaatio ja proptech

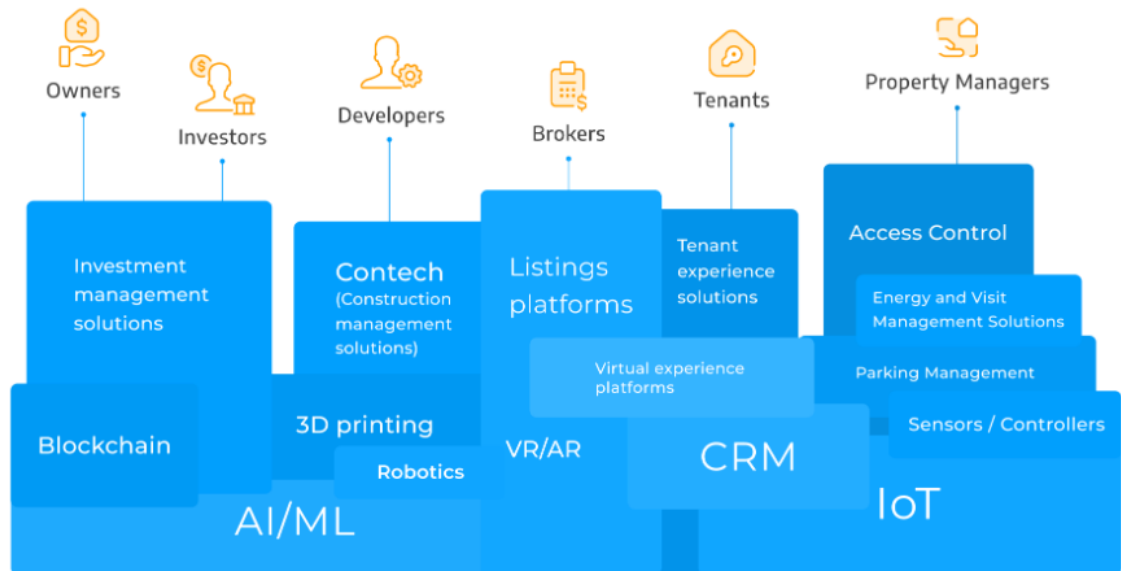
Kun Grid Edge -rajapinnan toisella puolella oleva sähköverkko digitalisoituu ja muuttuu älykkäämmäksi, myös siihen liittyvän kiinteistön digitalisaatioon kohdistuvat vaatimukset kasvavat sujuvan vuorovaikutuksen mahdollistamiseksi. Kasvava vaatimustaso ja teknologian määrä kiinteistöissä tulevat vaatimaan ohjausautomaatiolta enemmän älykkyyttä ja kykyä optimoida kiinteistön energianhallintaa hyödyttäen kiinteistönomistajaa sekä sähköjärjestelmää. Automaation rooli tulee siis kasvamaan yhä suuremmaksi tulevaisuudessa. Kiinteistöjen digitalisaatio avaa myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia erilaisille energiapalveluiden tarjoajille.

Tekoäly ja koneoppiminen mahdollistavat monimutkaisten energiajärjestelmien optimoinnin, kun erilaisten muuttujien ja kombinaatioiden määrä kasvaa ihmiselle mahdottomaksi täydellisesti hallita. Tällainen tekoälyn hallinnoima kokonaisuus on esimerkiksi LEMENE-energiayhteisöstä ja Lippulaiva-kauppakeskuksesta löytyvä mikroverkko, jonka periaate on esitetty kuviossa 14. Mikroverkko pystyy resurssiensa avulla optimoimaan energian tuotantoaan ja kulutustaan sekä tarjoamaan joustoa sähköverkon suuntaan. Tarvittaessa mikroverkko pystyy toimimaan jopa täysin erillään sähköverkosta. Keskiössä on kokonaisuutta hallinnoiva mikroverkko-ohjain, joka pystyy ottamaan huomioon muun muassa tuotanto- ja kulutusennusteet, sääennusteet ja sähkömarkkinoilta saatavan taloudellisen hyödyn päivittäisessä järjestelmän optimoinnissaan. (Lempäälän energia n.d.; Lippulaiva Citycon n.d.)



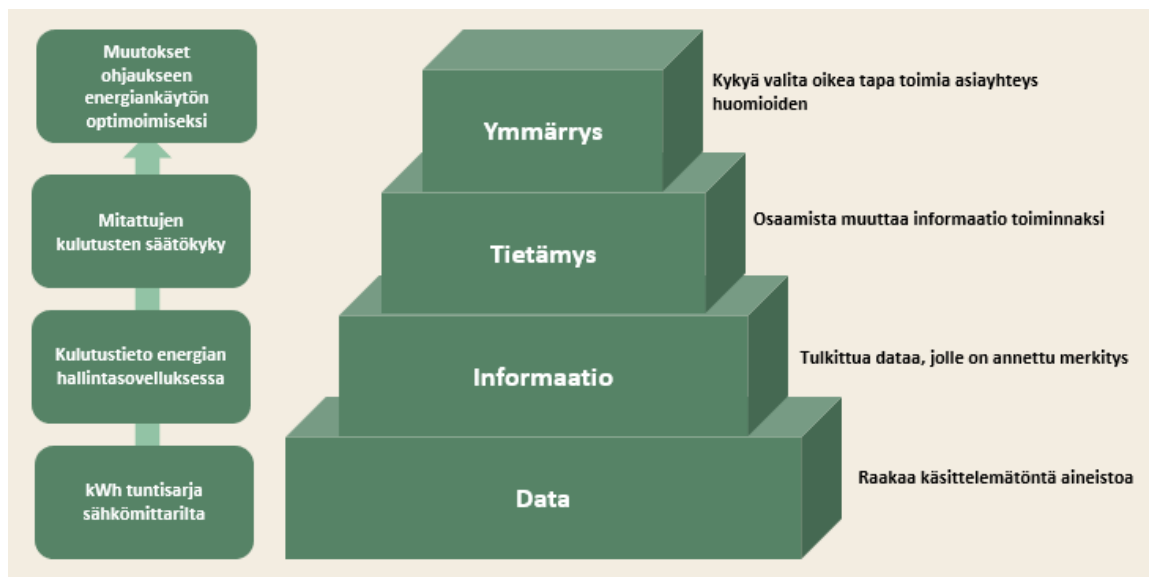
KUVIO 14. Mikroverkon periaate (Addressing decarbonization at the grid edge 2020, 8)

Kiinteistöt ja niiden ylläpito digitalisoituvat vauhdilla, eikä energiamurros ole ai-noana ajurina tässä kehityskulussa. Kiinteistöjen teknologistumista kuvaa eng-lanninkielinen termi proptech, joka kattaa laajasti oikeastaan kaikki kuviteltavissa olevat digitalisaation ja teknologian tarjoamat mahdollisuudet, jotka liittyvät kiin-teistöjen kauppaan, vuokraamiseen, hallintaan ja ylläpitoon. Kuten kuvioista 15 nähdään, voivat proptech-yritykset tarjoamissaan palveluissaan hyödyntää laa-jaa skaalaa erilaisia teknologioita kuten 3D-tulostus, lisätty- ja virtuaalitodellisuus (AR & VR) tai tekoäly ja koneoppiminen (AI & ML). Energiaan ja kiinteistön hal-lintaan liittyvät palvelut ja teknologiat ovat siis vain pieniä osia, jotka voidaan erot-taa proptech-kattotermin alta.



KUVIO 15. Erään yrityksen näkemys proptechistä (Ascendix 2023).

Voimakkaasti digitalisoidun kiinteistön hallinta lähtee kiinteistössä syntyvän datan keräämisestä ja analysoinnista. Analyysin perusteella voidaan suunnitella toimenpiteet, joilla asetettuihin tavoitteisiin päästään. Toimenpiteiden täytäntöönpaneminen vaatii vielä riittävät kyvykkyydet esimerkiksi automaation muodossa, mutta kaiken lähtökohtana ja pohjana toimii siis kasvava määrä dataa. Toimenpiteiden pohjana olevan tiedon tasoja kuvataan usein pyramidilla, josta yksi sähkön mittaukseen liitetty esimerkki on alla kuviossa 16.

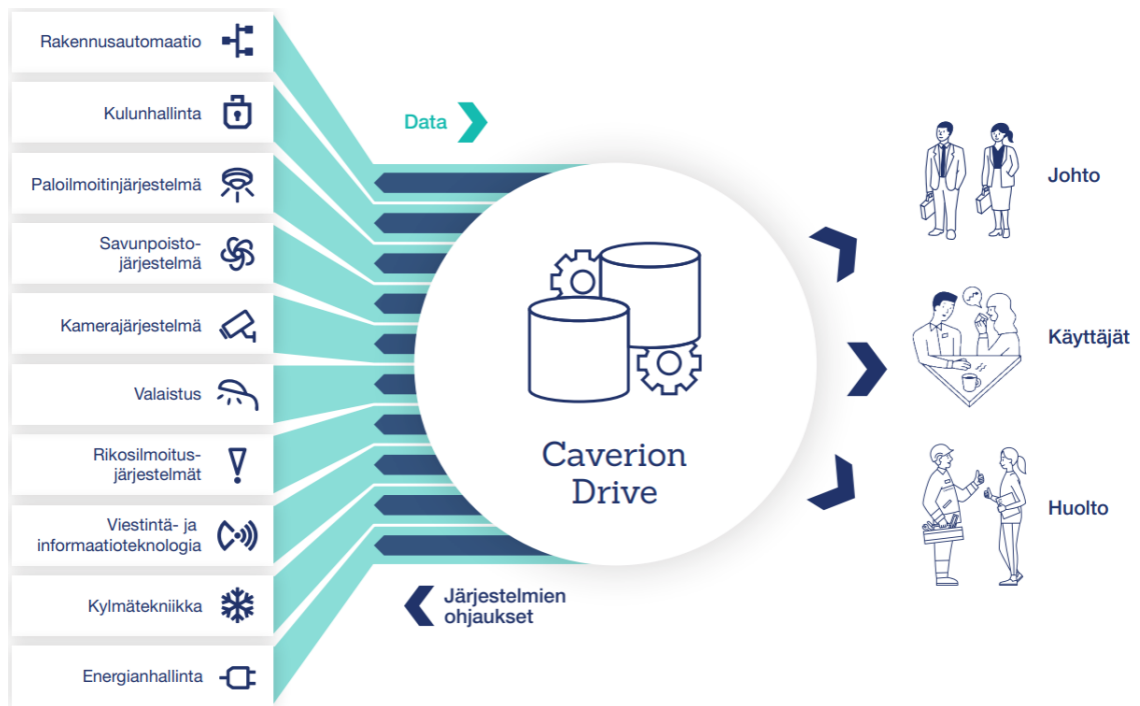


KUVIO 16. Tiedon tasot ja esimerkki kulutustiedon jalostumisesta lisäarvoksi energiansäästön muodossa (Isokangas 2023, muokattu).

Kiinteistönhallintapalveluita tarjoava Caverion jakaa kiinteistöjen digitalisaation teknisestä näkökulmasta kolmeen eri osa-alueeseen, jotka ovat datalähteet, hallintajärjestelmä ja sovellukset. Datalähteet voivat olla sensoreita tai mitä tahansa järjestelmiä, jotka keräävät tietoa kiinteistöistä kuten rakennusautomaatio-, kulunhallinta- tai valaistusjärjestelmä. Datan lähde voi olla myös käyttäjien antama palaute, jota voidaan yhdistellä olosuhteista mittaamalla kerättäviin tietoihin. (Caverion n.d. 8-10.)

Kiinteistönhallintajärjestelmän tehtävänä on kerätä ja yhdistää kaikista eri datalähteistä tuotettu tieto yhtenäiseksi hallittavaksi kokonaisuudeksi. Kiinteistönhallintajärjestelmä vastaa myös järjestelmien ohjaamisesta kerättyyn dataan perustuvien analyysien ja valintojen perusteella. Kiinteistönhallintajärjestelmä välittää siis käskyn esimerkiksi siihen liitetulle rakennusautomaatiojärjestelmälle, jos analyysiin perustuen kiinteistöä pitää alkaa viilentämään. Ilman kiinteistönhallintajärjestelmää kaikki siihen kytkeytyneet järjestelmät toimisivat irrallaan toisistaan, jolloin kokonaisuuden hallinta on työläämpää ja siinä voi esiintyä ristiriitoja, kuten lämmittämistä ja viilentämistä samaan aikaan. (Caverion n.d. 8.)

Kiinteistönhallintajärjestelmään koostetun tiedon pohjalta voidaan rakentaa erilaisia sovelluksia eri kohderyhmien tarpeisiin. Kiinteistön omistajia voi kiinnostaa avainlukujen seuranta reaaliajassa, kun kiinteistömanageri tarvitsee päivittäisessä työssään paljon tietoa kiinteistön ja eri järjestelmien yleisestä tilasta sekä toiminnasta. Sovellusnäkyvät voivat olla räätälöityjä kunkin käyttäjän tarpeisiin, jotta heidän tarvitsemansa tiedot ja raportit ovat helposti saatavilla. Alla kuviossa 17 on esimerkki Caverion Drive -järjestelmästä, jossa kaikki kolme tasoa ovat esitettyinä. Kuviossa vasemmalla on listattuna pitkälti teknistä ylläpitoa kiinnostavia alajärjestelmiä. Vastaavasti käyttäjiä kiinnostavat tiedot voidaan tarjota heille räätälöidyssä näkymässä. Kiinteistönhallintajärjestelmään voisi olla integroituna esimerkiksi tilanhallintajärjestelmä tilavarausten hallinnoimiseksi tai tietoa vapaiden sähköautonlatauspaikkojen määrästä jaettavaksi käyttäjille. (Caverion n.d. 10)



KUVIO 17. Caverion kiinteistönhallintajärjestelmän esimerkki (Caverion n.d. 8).

Kerätyn valtavan datan määrän analysointi ja seuranta ympärivuorokautisesti alkaa olemaan niin laaja kokonaisuus hallittavaksi, että tekoälyn hyödyntäminen on tullut jo nykyisin osaksi kiinteistönhallintaa. Esimerkiksi EG Finland Oy:n EG Enerkey -palvelussa on sisäänrakennettuna EG Ines -tekoälyominaisuus, joka tunnistaa automaattisesti energiankulutuksen ja päästöjen säästöpotentiaalit ja vapauttaa asiantuntijoiden aikaa analysoinnista toimintaan. Kulutus- ja säätietojen avulla EG Ines voi esimerkiksi havaita kiinteistön, jonka energiankulutus on epätavallisen suuri, ja ehdottaa optimointitoimenpiteitä. Kiinteistöstä mallinnetun digitaalisen kaksosen avulla voidaan analysoida ja ennustaa eri ohjaustoimenpiteiden tai ulkoisten muuttujien, kuten säätilan vaikutuksia kokonaisuuteen etupainotteisesti. (Enerkey n.d.)

3 ENERGIATEHOKKUUDEN JA SÄHKÖN MITTAUSTEN SÄÄNTELY

Laaja-alaisemman kuvan muodostamiseksi energia-alan kokonaisuudesta, johon VENI:n mittaus- ja energianhallintapalvelukin liittyy, on syytä avata taustalla vaikuttavaa poliittisen päätöksenteon kehystä. Poliitikko on se keino, jolla asetetaan raamit ja annetaan suuntaviivat yhteisille tavoitteille, joita kohti alan yritysten mahdollistamana on tarkoitus kulkea. Poliittisen päätöksenteon kautta syntyy tarpeet esimerkiksi kiinteistöjen energiankulutuksen seurannalle ja raportoinnille, mikä näkyy suoraan kysyntänä alan palveluntarjoajille. Poliittisten suuntaviivojen kautta voidaan pystyä ennakoimaan myös mahdollisia tulevaisuuden tarpeita.

3.1 EU-tason ohjaus ja sääntely

Euroopan unioni on sitoutunut Pariisin ilmastopöytäkirjassa tavoitteeseen olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Hiilineutraaliustavoitteen täyttämiseksi on EU:lla oma strategiansa, jonka nimi on EU Green Deal. Tässä luvussa kootaan lyhyesti yhteen elementit, jotka ovat strategian osana olennaisia vaikuttavia tekijöitä ohjaamassa kehitystä kohti hiilineutraaliutta Euroopassa. Lisäksi luvussa pyritään poimimaan eri säädöksistä olennaisia kiinteistöjen sähköenergian hallintaan vaikuttavia kohtia. Kuviossa 18 esitetty EU:n sääntely voidaan tiivistää siten, että EU Green Deal eli Vihreän kehityksen ohjelma on strategisen tason suunnitelma, joka asettaa suuntaviivoja eri sektoreille kohti hiilineutraaliutta. Seuraavalla tasolla on lueteltuna energia-alaan ja rakennuksiin kohdistuvia strategioita ja suunnitelmia, jotka asettavat alakohtaisempia tavoitteita ja ehdotuksia toimista. Alimmalla tasolla olevilla direktiiveillä säädetään EU-maita koskevista velvoittavista tavoitteista ylempien tasojen ohjaamina. Jäsenmaat saavat kuitenkin itse päättää miten ja millaisella lainsäädännöllä tavoitteet toteutetaan. Tämän vuoksi direktiivien tarkkoihin sisältöihin ei mennä kovin syvälle vaan keskitytään ymmärtämään niiden vaikutusalueet ja myöhemmin tarkastellaan, että millaista kansallista lainsäädäntöä niiden pohjalta on Suomessa säädetty.



KUVIO 18. EU:n hiilineutraaliustavoitetta koskeva sääntely (Kallioharju 2023, 2, muokattu).

3.1.1 Vihreän kehityksen ohjelma ja ilmastolaki

Euroopan vihreän kehityksen ohjelma on politiikka-aloitteiden paketti, jonka tavoitteena on ohjata EU:ta kohti vihreää siirtymää ja ilmastoneutraaliutta vuoteen 2050 mennessä. Pakettiin kuuluvat aloitteet kattavat ilmaston, ympäristön, energian, liikenteen, teollisuuden, maatalouden ja kestävän rahoituksen. (Euroopan vihreän kehityksen ohjelma, 2023.) Suomen kansallisessa ilmasto- ja energiastrategiassa EU:n vihreän kehityksen ohjelman tavoitteiksi ilmastoneutraaliuden vuonna 2050 lisäksi luetellaan yritysten kilpailukyvyyn edistäminen ja niiden auttaminen globaaleiksi johtajiksi puhtaissa tuotteissa ja teknologioissa sekä oikeudenmukainen ja kaikki mukaan ottava siirtymä. Riittävät investoinnit uusiin, päästöjä vähentäviin teknologioihin sekä innovaatioihin talouden eri sektoreilla on yksi ohjelman tavoitteista. Investointien varmistamiseksi rahoituksen suuntaaminen on lainsäädännön lisäksi yksi ohjelmassa keskeinen kokonaisuus. (Huttunen ym. 2022, 15.)

Eurooppalaisen ilmastolain tarkoituksena on osana Euroopan vihreän kehityksen ohjelmaa sisällyttää lainsäädäntöön tavoite tehdä EU:sta ilmastoneutraali vuoteen 2050 mennessä. Siinä asetetaan sitova EU:n ilmastotavoite, jonka mukaan kasvihuonekaasujen nettopäästöjä vähennetään vuoteen 2030 mennessä vähintään 55% vuoden 1990 tasosta. Lisäksi EU:ssa pyritään suurempaan nettohiilinielujen määrään vuoteen 2030 mennessä. Ilmastolaki on siis lainsäädännöllinen

kehys kaikille ilmastotoimille sisältäen vihreän kehityksen ohjelman, 55-valmiuspaketin ja direktiivien ohjaamat toimet. (EU:n viimeisimmät ilmastopoliittiset toimet 2022.)

3.1.2 55-valmiuspaketti

55-valmiuspaketin nimi viittaa EU:n tavoitteeseen vähentää kasvihuonekaasujen nettopäästöjä vähintään 55%:lla vuoteen 2030 mennessä vuoteen 1990 verrattuna. 55-valmiuspaketti koostuu ehdotuksista, joilla tarkistetaan ja päivitetään EU:n lainsäädäntöä sekä otetaan käyttöön uusia ohjelmia sen varmistamiseksi, että EU:n politiikat ovat neuvoston ja Euroopan parlamentin sopimien ilmastotavoitteiden mukaisia. 55-valmiuspaketti (55-valmiuspaketti, 2023) sisältää laajalti eri sektoreita sivuavia ehdotuksia, joista kiinteistöjen energianhallinnan näkökulmasta olennaisimpia ovat

- energiatehokkuusdirektiivin päivitys
- rakennusten energiatehokkuutta koskevan direktiivin päivitys
- uusiutuvan energian direktiivin päivitys.

3.1.3 Rakennusten perusparannusstrategia

Syksyllä 2020 Euroopan komissio julkaisi osana Vihreän kehityksen ohjelmaa EU Renovation wave -strategian, jonka tavoitteena on vauhdittaa Euroopan rakennusten perusparannustahtia ja elvyttää taloutta Covid-19 jäljiltä. Komission tavoite on kaksinkertaistaa nykyisten rakennusten peruskorjausten määrä vuoteen 2030 mennessä, mikä toisi uusia vihreitä työpaikkoja rakennusalalle. Strategia keskittyy kolmeen osa-alueeseen, jotka ovat energiaköyhyyden ja energiatehokkuudeltaan heikoimpien rakennusten ongelmien ratkaiseminen, julkiset rakennukset sekä lämmityksen ja jäähdytyksen hiilestä irtautuminen. (Euroopan komissio, 2020)

Komissio esitti myös ”Uusi eurooppalainen Bauhaus” -aloitetta, jonka tavoitteena on yhdistää vihreän kehityksen ohjelmaa, kestävä kehitys, osallisuus ja estetiikka

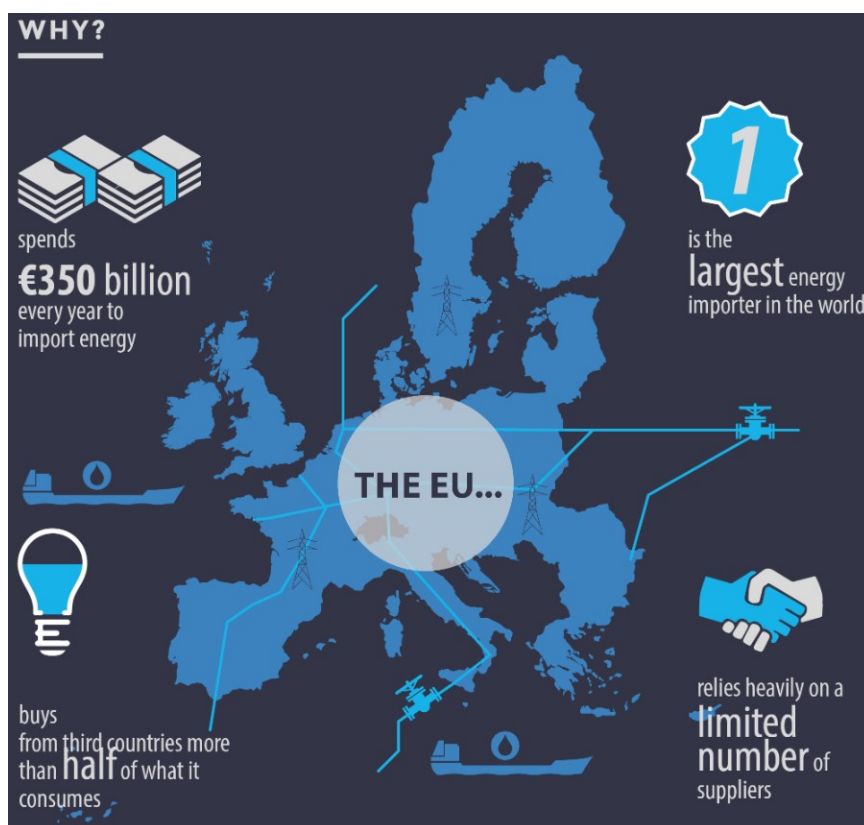
sekä muotoilu. Aloitteen toimeenpanoon liittyen on muun muassa vuodesta 2021 alkaen tuettu viittä eurooppalaista Bauhaus-hanketta, joissa on painotettu kestävien rakennusmateriaalien käyttöä, kestäviä digitaalisia innovaatioita sekä demografiaa. (Turun ja Varsinais-Suomen Eurooppa-toimisto, 2020.)

3.1.4 REPowerEU

REPowerEU-suunnitelma on Euroopan komission vastaus Venäjän Ukrainassa käymän hyökkäyssodan aiheuttamiin ongelmiin ja maailmanlaajuisten energiamarkkinoiden häiriöihin. Suunnitelma on suojannut EU:n kotitalouksia ja yrityksiä vakavalta energiapulalta, tukenut Ukrainaa huventamalla Venäjän sotakassaa ja nopeuttanut siirtymistä puhtaaseen energiaan. Suunnitelman saavutuksiin lukeutuvat muun muassa 20% vähennys energiankulutuksessa, riippuvuuden vähentäminen Venäjältä tuodusta fossiilisesta energiasta, kaasun hintakaton asettaminen ja uusiutuvien energianlähteiden käyttöönoton kaksinkertaistaminen. (Euroopan komissio n.d.)

3.1.5 Energiaunioni ja puhtaan energian paketti

Energiaunionistrategian puitteissa EU:n jäsenmaat ovat sopineet yhteisistä säännöistä ja tavoitteista puhtaan energian tarjonnan turvaamiseksi. Energiaunionistrategian tavoitteena on tarjota Euroopalle ja sen kansalaisille energiaa kohtuuhintaisesti, varmasti ja kestävästi. Puhdasta energiaa kaikille eurooppalaisille on komission esittämä säädösehdotuspaketti energiaunionistrategian toteuttamiseksi käytännössä. (Energiaunioni 2023.) Paketti on kokoelma kahdeksasta säädöksestä, joilla voidaan auttaa EU:n siirtymää pois fossiilisista polttoaineista kohti vakaampaa, kohtuuhintaista ja puhtaampaa energiansaantia. Säädökset ovat osin samoja, joita on sisällytetty myöhemmin osaksi 55-valmiuspakettia, mutta lisäksi puhtaan energian pakettiin sisältyy muun muassa sähkömarkkina-direktiivi ja -asetus, jotka ovat antaneet paljon suuntaviivoja Suomen sähkömarkkinalain päivitykseen. Alla kuvio 19 esittää siirtymän taustalla olevia vaikuttimia. (Euroopan komissio n.d.)



KUVIO 19. Puhtaan energian paketin taustaa (Euroopan unionin neuvosto 2019).

3.1.6 Energiatohokkuusdirektiivi EED

EED:n uusittu versio julkistettiin syyskuussa 2023 ja direktiivin toimeenpanon edellyttämä kansallinen lainsäädäntö on oltava voimassa lokakuussa 2025. Direktiivin myötä jäsenvaltioiden tulisi saavuttaa niille asetetut vuosittaiset energiansäästötavoitteet, jotka nousevat vähitellen 1,9 prosenttiin kohti vuotta 2030. Julkisen sektorin tulisi näyttää esimerkkiä ja sille on direktiivissä asetettu vuosittainen 1,9% energiansäästötavoite, sekä velvoite peruskorjata 3% lämmitetystä rakennuskannastaan vuosittain lähes nollaenergiarakennuksiksi tai päästöttömiksi rakennuksiksi. (Direktiivi 2023/1791/EU.)

Päivityksen myötä ohjeellinen tavoite Suomen loppuenergiankäytölle on 239,6 TWh vuonna 2030 (Työ- ja elinkeinoministeriö 2023). Suomen tulee toimittaa kesällä 2024 Euroopan komissiolle kansallinen energia- ja ilmastosuunnitelmansa, jossa se esittää toimia direktiivin tavoitteiden saavuttamiseksi. Kesällä 2023 toimitetussa luonnosversiossa Suomi linjaa rakennusten lämmitysenergian vähen-

nyksen tavoitteeksi 22% vuonna 2030 verrattuna vuoden 2020 tasoon. Rakennusten hiilidioksidipäästöjen osalta vähennystavoite on 63%. Molempien saavuttamisen keinoissa on mainittuna energiatehokkuustoimet ja muutokset rakennuskannassa. (Finland's Integrated National Energy and Climate Plan Draft update 2023, 43-44.)

Direktiivin myötä energianhallintajärjestelmä tulee pakolliseksi yrityksille, joiden vuosittainen energiankulutus kaikki energiankantajat huomioiden on yli 85 TJ eli 23,6 GWh. Tuota pienemmille, mutta yli 10TJ eli 2,8 GWh kuluttaville yrityksille on määritelty pakollinen energiakatselmus neljän vuoden välein, jonka voi välttää ottamalla käyttöön energianhallintajärjestelmän. Direktiivissä tarkoitetaan energianhallintajärjestelmällä ”sellaisen strategian, jossa asetetaan energiatehokkuustavoite ja suunnitelma kyseisen tavoitteen saavuttamiseksi, toisiinsa liittyviä tai keskenään vuorovaikutussuhteessa olevia osatekijöitä, mukaan lukien todellisen energiankulutuksen seuranta, energiatehokkuuden parantamiseksi toteutetut toimet ja edistymisen mittaaminen” (Direktiivi 2023/1791/EU).

Jäsenvaltioiden on myös varmistettava, että Energiatehokkuus ensin -periaatetta noudatetaan suunnittelussa, politiikassa ja merkittävässä investointipäätöksissä. Tämä koskee esimerkiksi sääntelyviranomaisia sekä siirto- ja jakeluverkonhaltijoita. Konkreettisenä esimerkkinä toimii älykkäiden mittausjärjestelmien käyttöönoton nopeuttaminen. Direktiivissä käsitellään lisäksi muun muassa energiatehokkuuden vähentämistä, lämmitys-/jäähdytysjärjestelmien ja käyttöveden mittaamista ja suunnittelua sekä tiedottamista erilaisista energiatehokkuustoimista, energiapalveluista ja rahoitusvälineistä. (Direktiivi 2023/1791/EU.)

3.1.7 Direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta EPBD

EPBD:n uusin versio on julkaistu loppukeväästä 2024 ja sen kansallisen toimeenpanon tulee olla valmis kesään 2026 mennessä. Direktiivin tarkoitus on edesauttaa päästöttömän rakennuskannan saavuttamista viimeistään vuonna 2050. Direktiivissä ovat määritelyinä muun muassa päästötön rakennus sekä lähes nollaenergiarakennus, joilla molemmilla on erittäin korkea energiatehokkuus. Päästötön rakennus ei aiheuta fossiilisten polttoaineiden hiilidioksidipäästöjä paikan

päällä ja aiheuttaa olemattoman tai hyvin alhaisen määrän käytöstä syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä. Sen on myös kyettävä ulkoisten signaalien perusteella mukauttamaan omaa energian käyttöään, tuotantoon ja varastointiaan, jos se on taloudellisesti ja teknisesti toteutettavissa. Päästöttömän rakennuksen primäärienergian käyttö katetaan uusiutuvalla energialla, joka on tuotettu paikan päällä tai lähistöllä tai on peräisin, uusiutuvan energian yhteisöstä tai kaukolämmitys- ja jäähdytysjärjestelmästä tai hiilettömistä lähteistä. Mikäli tämä ei ole teknisesti tai taloudellisesti toteutettavissa, voidaan primäärienergian käyttö kattaa sähköverkosta saatavalla energialla. Lähes nollaenergiarakennuksen olematon tai erittäin vähäinen energiantarve katetaan hyvin laajalti uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettu uusiutuva energia. (Direktiivi 2024/1275/EU.)

Jäsenvaltioita edellytetään varmistamaan, että uudet julkiset rakennukset ovat päästöttömiä vuodesta 2028 alkaen vaatimuksen laajentuessa koskemaan 2030 alkaen kaikkia uusia rakennuksia. Nykyisellään uusien rakennusten on oltava vähintään lähes nollaenergiarakennuksia. Olemassa oleville rakennuksille edellytetään energiatehokkuuden parannuksia niille tehtävien saneerausten ja rakennuksen vaippaan kohdistuvien töiden yhteydessä. Direktiivissä asetetaan vaatimus vähentää koko asuinrakennuskannan primäärienergian käyttöä 16 % vuoteen 2030 mennessä ja 20-22 % vuoteen 2035 mennessä verrattuna vuoden 2020 tasoon. Vähennyksestä 55 % on toteutettava energiatehokkuudeltaan heikoimpaan 43 % kuuluvien asuinrakennusten perusparannuksilla. Muille kuin asuinrakennuksille tulee asettaa energiankäytön kynnyksarvot siten, että vuonna 2030 muiden kuin asuinrakennusten energiankulutus on matalampi, kuin tällä hetkellä energiatehokkuudeltaan heikoimpaan 16 prosenttiin kuuluvilla rakennuksilla. Vuodelle 2033 kynnyksarvo määritellään heikoimman 26 prosentin mukaan. Osa rakennuksista kuten historialliset rakennukset ja kirkot ovat jätetty vaatimusten ulkopuolelle. (Direktiivi 2024/1275/EU.)

Direktiivi edistää rakennusten aurinkoenergian lisääntymistä. Kaikki uudet rakennukset on suunniteltava optimoiden niiden aurinkoenergian tuotantopotentiaali ja mahdollistaen järjestelmien kustannustehokkaan asentamisen. Eri siirtymäaikojen puitteissa tulee soveltuvat aurinkoenergialaitteistot ottaa käyttöön kaikissa uusissa rakennuksissa vuoden 2029 loppuun mennessä, mikäli se on teknisesti,

taloudellisesti ja toiminnallisesti toteutettavissa. Julkisten rakennusten osalta myös olemassa oleville rakennuksille tulee vaatimuksia lisätä soveltuvat laitteistot. Latauspisteiden osalta edellytetään älykkääseen ja kaksisuuntaiseen lataukseen kykenevien latauspisteiden sekä näiden esikaapelointien lisäämistä uusiin sekä olemassa oleviin rakennuksiin eri siirtymäaikojen puitteissa. Artiklassa 15 säädetään rakennusten älyratkaisuvälmiuden luokittelujärjestelmästä. Viimeistään kesäkuussa 2027 komissio hyväksyy direktiiviä täydentävän säädöksen, jolla edellytetään älyratkaisuvälmiutta koskevan luokittelujärjestelmän soveltamista muihin kuin asuinrakennuksiin, joiden lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien nimellisteho on yli 290 kW. Lisäksi direktiivissä säädetään muun muassa taloudellisista kannustimista päästöttömän rakennuskannan saavuttamiseksi, rakennusten perusparannuspassista ja energiatehokkuustodistuksista. (Direktiivi 2024/1275/EU.)

3.1.8 Uusiutuvan energian direktiivi RED III

Syksyllä 2023 uusittu direktiivi nostaa uusiutuvien energialähteiden osuuden EU:n energian loppukulutuksesta 42,5 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä. Jäsenmaita kuitenkin kannustetaan asettamaan tavoitteeksi 45 prosenttia. Suomi on aiemmin asettanut omaksi tavoitteekseen vuodelle 2030 uusiutuvien energialähteiden osuudeksi 51% ja vuonna 2023 osuus onkin ollut jo 40% (Huttunen ym. 2022, 15; Energiavirasto 2024.) Suomen tulee tarkentaa omaa tavoitettaan kansallisessa energia- ja ilmastosuunnitelmassaan. (Direktiivi 2023/2413/EU.)

Päivityksessä asetettiin rakennusten energian loppukulutuksesta uusiutuvan energian osuuden ohjeelliseksi tavoitteeksi vuodelle 2030 vähintään 49%. Suomen on määritettävä oma kansallinen tavoitteensa energia- ja ilmastosuunnitelmassaan. Julkisten rakennusten tulee toimia esimerkkeinä uusiutuvan energian osuuden osalta lähes nollaenergiarakennus- sekä perusparannusvelvoitteet täyttäen. Velvoite voidaan täyttää edellyttämällä kolmansien osapuolten käyttävän julkisten tai osittain julkisten ja osittain yksityisten rakennusten kattoja uusiutuvaa energiaa tuottavien laitteistojen sijoittamiseen. Rakennuksissa käytettävän uusiutuvan energian osuutta edistävinä toimina mainitaan esimerkiksi itse tuotetun

uusiutuvan energian käytön, uusiutuvan energian yhteisöjen, energian paikallisen varastoinnin, älylatauksen ja kaksisuuntaisen latauksen ja muiden joustopalvelujen, kuten kulutusjoustopan lisääminen. (Direktiivi 2023/2413/EU.)

Lämmityksessä ja jäähdytyksessä käytettävää uusiutuvaa energiaa koskevia tavoitteita nostetaan vuosittain 0,8% vuoteen 2026 saakka ja 1,1% vuosina 2026–2030. Tämänkin tavoitteen saavuttamisen yhteydessä ovat mainittuina muun muassa aurinkopaneelit, lämpöenergian varastointi, kulutusjoustopanjärjestelmät ja sähköstä lämpöä tuottavat laitokset. Jäsenvaltioiden tulee kartoittaa alueita, joita tarvitaan kansallisten panosten saavuttamiseksi. Lisäksi nimetään erityisiä uusiutuvan energian nopean kehittämisen alueita asettaen etusijalle keinotekoiset ja rakennetut pinnat, joista rakennuksiin liittyvinä esimerkkeinä voidaan nostaa katot ja julkisivut, paikoitusalueet ja teollisuusalueet. Erikseen määritellyn innovatiivisen uusiutuvan energian teknologian ohjeellinen tavoiteosuus asennetusta uudesta uusiutuvan energian kapasiteetista on oltava vähintään viisi prosenttia vuoteen 2030 mennessä. (Direktiivi 2023/2413/EU.)

Direktiivi koostuu myös muun muassa uusiutuvista lähteistä tuotettavalle sähkölle myönnettävästä taloudellisesta tuesta, itse tuotetun tällaisen sähkön kulutuksesta, uusiutuvan energian käytöstä lämmitys- ja jäähdytysalalla ja liikennealalla, jäsenvaltioiden välisestä sekä jäsenvaltioiden ja kolmansien maiden välisestä alueellisesta yhteistyöstä, alkuperätakuista, hallinnollisista menettelyistä sekä tiedottamisesta ja koulutuksesta sekä kriteereistä biopolttoaineille, bionesteille ja biomassapolttoaineille. (Direktiivi 2023/2413/EU.)

3.1.9 Sähkömarkkinadirektiivi

Direktiivissä vahvistetaan yhteiset säännöt sähkön tuotannolle, siirrolle, jakelulle, energian varastoinnille ja sähkön toimitukselle sekä kuluttajansuojaa koskevat säännöt, jotta voidaan luoda yhdennetyt, kilpailuun perustuvat, kuluttajakeskeiset, joustavat, oikeudenmukaiset ja avoimet sähkömarkkinat. Direktiivi sisältää myös siirto- ja jakeluverkkojen haltijoiden tehtävät ja ohjeistusta heidän toiminnastaan muun muassa joustopalvelujen käyttöä jakeluverkoissa koskien. Saman-

aikaisesti hyväksytty sähkömarkkina-asetus 2019/943/EU sisältää pääasiassa tukkumarkkinoita ja verkkotoimintoja koskevia sääntöjä. (Euroopan unionin virallinen verkkosivusto 2019.)

Direktiivissä määritellään muun muassa, ettei kansallinen lainsäädäntö saa häiritä kuluttajan osallistumista markkinoille myös kulutusjouston kautta, kuluttajan vapaus valita toimittaja sekä ohjeistetaan markkinapohjaisesta toimitushinnoittelusta ja heikossa asemassa olevien asiakkaiden suojelemisesta. Dynaamista hinnoittelua koskien on oma artikla, jossa edellytetään jäsenvaltioiden varmistavan, että loppuasiakkaat, joille on asennettu älymittari, voivat pyytää dynaamista sähkön hintasopimusta vähintään yhdeltä toimittajalta. Lisäksi direktiivissä säädetään uuden tuotannon rakentamista koskevasta lupamenettelystä tarkentaen, että hajautetun ja pienimuotoisen tuotannon kohdalla lupamenettelyn tulee olla virtaviivaistettu ja yksinkertainen. (Direktiivi 2019/944/EU).

Aggregointia koskien säädetään, että kaikilla asiakkailla on vapaus ostaa ja myydä muita sähköalan palveluja, kuin toimitusta, aggregointi mukaan lukien, riippumatta näiden sähköntoimitussopimuksesta ja näiden valitsemasta sähköalan yrityksestä. Jäsenvaltioiden on sallittava loppuasiakkaiden osallistuminen kulutusjoustoan aggregoinnin välityksellä ja edistettävä sitä. Loppuasiakkaan aggregointisopimuksen tekemiseen ei myöskään vaadita suostumusta sähköntoimittajalta tai tasevastaavalta. Loppuasiakkailla on myös oikeus saada kaikki asiaankuuluvat kulutusjoustoja koskevat tiedot tai tiedot toimitetusta ja myydystä sähköstä maksutta vähintään kerran laskutuskauden kohti, jos asiakas sitä pyytää. Asiakkaalla on oikeus vaihtaa toimittajaa tai aggregointia harjoittavaa markkinaosapuolta korkeintaan kolmen viikon kuluessa pyynnön esittämisestä. Vuoteen 2026 mennessä tekninen prosessi toimittajan vaihtamiseksi saa kestää enintään 24 tuntia ja sen on oltava mahdollinen kaikkina arkipäivinä. Jäsenvaltioiden sääntelykehyksen tulee sisältää aggregointia harjoittavien markkinaosapuolten velvollisuus olla taloudellisesti vastuussa sähköverkossa aiheuttamistaan tasepoikkeamista. (Direktiivi 2019/944/EU).

Direktiivissä on määritelty käsitteet aktiivinen asiakas ja kansalaisten energiayhteisö. Näitä termejä käsitellään myöhemmin energiayhteisöjä koskevassa luvussa 4. Direktiivi sisältää artiklan kansalaisten energiayhteisöjä koskevasta

sääntelykehyksestä ja oikeuksista, jossa muun muassa yhteisöön osallistuminen määritellään olevan vapaaehtoista ja varmistetaan syrjimätön pääsy kaikille sähkömarkkinoille joko suoraan tai aggregoinnin välityksellä. Kansalaisten energiayhteisöillä on myös oikeus omistaa, perustaa, ostaa tai vuokrata jakeluverkkoja ja hallinnoida niitä itsenäisesti tietyt edellytykset täyttäen. Tämä on mahdollista, jos jäsenvaltio päättää myöntää kansalaisten energiayhteisöille oikeuden hallinnoida jakeluverkkoja niiden omalla toiminta-alueella. (Direktiivi 2019/944/EU).

Direktiivin uusi versio on tulossa 2024 tarkoituksenaan olla EU:n pitkän aikavälin vastaus vuonna 2022 koettuun energiakriisiin. Päivitys vähentää sähkön hintojen riippuvuutta fossiilisten polttoaineiden hinnasta sekä luo puskuria markkinoiden ja kuluttajien maksamien sähkölaskujen välille. Uusiutuvan energian saatavuus helpottuu, kun sillä voidaan käydä kauppaa paikallisesti esimerkiksi myymällä aurinkopaneeleilla tuotettua energiaa naapureille. Haavoittuvia kuluttajia suojellaan paremmin ja tuodaan kuluttajille lisää vaihtoehtoja. Yritysten mahdollisuuksia hyödyntää pitkäaikaisia sähkönhankintasopimuksia pyritään edistämään. Energiantuottajien tuloja vakautetaan ja investointeja uusiin, muita kuin fossiilisia energialähteitä hyödyntäviin voimalaitoksiin tehdään jatkossa kaksisuuntaisten hinnanerosopimusten muodossa. Tällä varmistetaan investointien vähimmäistuotto ja estetään kohtuuttomat kustannukset kriisitilanteessa. Uudet säännöt helpottavat myös uusiutuvien energialähteiden integroimista järjestelmään ja uusiutuvan energian tuotannon ennustettavuutta. (Euroopan Unionin Neuvosto 2024.)

3.1.10 Mittalaitedirektiivi MID

Mittauslaitedirektiivi on EU:n tuotedirektiivi säädellen Euroopan Unionin alueella myytävien mittauslaitteiden vaatimuksia, valmistusta ja hyväksyntää. MID:in mukaisten mittauslaitteiden käyttöä ohjaa ja valvoo Suomessa Tukes. Uusimman version eli direktiivin 2014/32/EU myötä kaikkien uusien tai uudistettavien mittauslaitejärjestelmien on oltava MID-sertifioituja, mikäli yritys käyttää mittaustulosta liiketoiminnassaan hinnan määrittämisen perusteena. Tämä vaatimus on VENI Energian ja kiinteistön omistajien kannalta olennaisin kohta. VENI käyttääkin mittalaitteita, jotka niiden valmistaja vakuuttaa täyttävän MID-direktiivin vaati-

mukset. Mittauslaitelaki vahvistaa Suomessa direktiivin ohjeistuksen, jonka mukaan mittaustulosta liiketoiminnassaan hyödyntävä, vastaa mittauslaitteen soveltuvuudesta. (Ontec 2021; Mittauslaitelaki 707/2011.)

3.2 Sääntely ja ohjaus Suomessa

Tässä kappaleessa käsitellään Suomen kansallista sääntelykehystä direktiivien asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi. Eri lakeja tarkastellessa painotetaan VENI:n palvelun ja kiinteistön omistajien tarpeiden kannalta olennaisimpia kohtia. Energiayhteisöjä sekä aggregointia koskevaa sääntelyä tarkastellaan hieman perusteellisemmin myöhemmissä luvuissa.

3.2.1 Kansallinen ilmasto- ja energiastrategia

Suomessa hallitus julkaisi syksyllä 2022 Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallisen ilmasto- ja energiastrategian. Strategiassa linjataan toimia, jolla Suomi täyttää EU:n vuoden 2030 ilmastovelvoitteet ja saavuttaa ilmastolain mukaiset tavoitteet kasvihuonekaasujen vähentämisestä 60 prosentilla vuoteen 2030 ja vuotta 2035 koskevan hiilineutraaliustavoitteen. Strategian keskiössä on vihreä siirtymä ja irtautuminen venäläisestä fossiilisesta energiasta. Strategian mukaan energiajärjestelmän sähköistyminen ja järjestelmäintegraation hyödyntäminen ovat keskeisiä erityisesti sektoreilla, joilla päästöjen vähentäminen on vaikeaa. Strategialla edistetään myös vetytaloutta ja polttoon perustumatonta lämmöntuotantoa. (Huttunen ym. 2022.)

Kesällä 2023 Suomi toimitti Euroopan komissiolle luonnoksen kansallisen energia- ja ilmastosuunnitelman päivityksestä. Suunnitelmassa huomioidaan EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan kunnianhimon nosto ja puhtaan energian siirtymän nopeuttaminen EU:n 55-valmiuspaketin ja REPowerEU-suunnitelman vaikutusten kautta (Työ- ja elinkeinoministeriö n.d). Strategian laatineen työryhmän Huttunen ym. (2022) mukaan 55-valmiuspaketin myötä päivitetyn energiatehokkuusdirektiivin ohjeellinen 239,6 TWh tavoite Suomen loppuenergiankäytölle vuonna 2030

on vaikeasti sovittavissa yhteen Suomen kansallisten hiilineutraaliustavoitteiden kanssa. Suomen energiajärjestelmän muuttaminen päästöttömäksi lisää loppuenergiankulutusta, kun muun muassa teollisuus ja liikenne sähköistyvät ja vedyntuotanto vaatii energiaa. (Huttunen ym. 2022, 146.)

3.2.2 Energiatehokkuuslaki

Laissa säädetään energiatehokkuuden edistämisestä, energiakatselmuksista, sähkön ja lämmön yhteistuotannon ja ylijäämälämmön hyödyntämisen edistämiseksi tehtävistä kustannus-hyötyanalyseistä sekä energiamarkkinoilla toimivien yritysten velvollisuudesta pyrkiä edistämään energian tehokasta ja säästäväistä käyttöä asiakkaittensa toiminnassa. (Energiatehokkuuslaki 2014/1429)

Pykälässä kuusi säädetään yritysten pakollisista energiakatselmuksista, jotka on tehtävä neljän vuoden välein. Huomioitavaa on, että syksyllä 2023 päivitetystä energiatehokkuusdirektiivissä energianhallintajärjestelmiä koskevat vaatimukset ovat säädetty uudelleen ja ne tulee panna täytäntöön kansallisessa lainsäädännössä 2025. Nykyisessä laissa energiakatselmus on pakollinen yritykselle, jonka palveluksessa on vähintään 250 työntekijää taikka jonka vuosiliikevaihto on yli 50 miljoonaa euroa ja taseen loppusumma on yli 43 miljoonaa euroa. Pykälässä seitsemän säädetään pakollisesta energiakatselmuksesta vapautumisesta. Jos yrityksessä on käytössä eurooppalaisten tai kansainvälisten standardien mukaisesti akkreditoidun elimen sertifioima energianhallintajärjestelmä tai ympäristönhallintajärjestelmä, johon energiakatselmus sisältyy, yrityksen ei tarvitse tehdä 6 §:ssä tarkoitettua pakollista energiakatselmusta. Sertifioiduksi energianhallintajärjestelmäksi luetaan ainakin sertifioitu ISO 50 001 -järjestelmä sekä sertifioitu ISO 14 001 -järjestelmä yhdistettynä akkreditoidun elimen sertifioimaan energianhallintajärjestelmään, jonka energiakatselmusvaatimukset ovat yhteneväiset ISO 50 001 -järjestelmän kanssa. (Energiatehokkuuslaki 2014/1429.)

3.2.3 Rakentamislaki

Eduskunta hyväksyi rakentamislain 1.3.2023 ja se tulee voimaan 1.1.2025. Samalla maankäyttö- ja rakennuslaista kumotaan rakentamisen osuus, ja lain nimi muuttuu alueidenkäyttölaiaksi (Ympäristöministeriö n.d.). Rakentamislaisissa määritellään lähes nollaenergiarakennus samalla tavoin, kuin vielä kirjoitushetkellä voimassa olevassa Maankäyttö- ja rakennuslaissa. Lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan rakennusta, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus, sellaisena kuin se on määriteltynä rakennusten energiatehokkuutta koskevassa direktiivissä ja energiatehokkuusdirektiivissä. Lähes nollaenergiarakennuksen tarvitsema erittäin vähäinen energian määrä on laajalti katettava uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla, mukaan lukien paikan päällä tai rakennuksen lähellä tuotettava uusiutuvista lähteistä peräisin oleva energia. (Rakentamislaki 2023/751.)

Pykälässä 37 olennaisena vaatimuksena rakennusten energiatehokkuutta koskien säädetään, että uudet rakennukset on suunniteltava ja rakennettava lähes nollaenergiarakennuksiksi. Lisäksi rakennuksen energiatehokkuutta on parannettava rakentamisluvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Lähes nollaenergiarakennusta koskevat vaatimukset ovat rajattu pois tietyistä rakennustyypeistä, joista esimerkkeinä teollisuusrakennukset ja loma-asunnot. Energiatehokkuusdirektiivin päivityksessä asetettiin julkiselle sektorille 3% perusparannusvelvoite, jossa on saavutettava lähes nollaenergiataso. (Rakentamislaki 2023/751.)

3.2.4 Ilmastolaki

Ilmastolaisissa säädetään kansallisia ilmastotavoitteita. Suomen tavoite on lain mukaan olla hiilineutraali vuonna 2035. Pykälässä 2 asetetaan kolmeen vaiheeseen jaettu päästövähennystavoite. Ensimmäinen on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä 60 prosenttia vuoteen 2030 mennessä, toinen 80 prosenttia vuoteen 2040 mennessä ja kolmas 90 prosenttia, pyrkien 95 prosenttiin, vuoteen 2050

mennessä verrattuna vuoden 1990 tasoon. Tavoitteena on myös sopeutua ilmastomuutokseen edistämällä ilmastoriskien hallintaa ja ilmastokestävyyttä. Lisäksi laissa säädetään ilmastopolitiikan suunnittelujärjestelmästä, johon kuuluu pitkän aikavälin ilmastosuunnitelma, kansallinen ilmastomuutokseen sopeutumissuunnitelma, keskipitkän aikavälin ilmastosuunnitelma ja maankäyttösektorin ilmastosuunnitelma. (Ilmastolaki 2022/423.)

3.2.5 Sähkömarkkinalaki

Sähkömarkkinalain tarkoituksena on varmistaa edellytykset tehokkaasti, varmasti ja ympäristön kannalta kestävästi toimiville sähkömarkkinoille sekä Euroopan unionin sähkön sisämarkkinoille turvaten sähkön toimitusvarmuus, kilpailukykyinen sähkön hinta ja kohtuulliset palveluperiaatteet loppukäyttäjille. Sähkömarkkinalaki uudistettiin vuonna 2023. Uudistuksen myötä lakiin tuli muun muassa parannuksia kuluttajan asemaan sähkön myyntisopimuksia tehdessä, määritelmä erillisestä linjasta sekä säännökset itsenäistä aggregaattoria koskien. Laissa on useita energiamurrokseen ja VENI:n palveluihin liittyvää kohtaa, joita käsitellään seuraavaksi. (Sähkömarkkinalaki 2013/588.)

Pykälässä 46 kantaverkonhaltijan vastuuksi järjestelmävastaavana säädetään hetkellisen tehotasapainon ylläpitäminen sekä siihen tarvittavan kapasiteetin hankinta- ja kauppaehtojen tasapuolisuuden ja syrjimättömyyden sekä markkinapohjaisuuden varmistaminen. Lisäksi ehtojen on tarjottava asianmukaisia kannustimia sähkön tuotannon ja kulutuksen tasapainottamiseksi ja luotava edellytykset kulutusjoustopuolelle ja aggregaattorien osallistumiseen tasehallintamarkkinoille. Tämän lisäksi osana verkonhaltijan yleisiä vastuita säädetään, ettei verkonhaltijan verkkopalvelujen myyntiehtoissa saa olla ehtoja, jotka perusteetta estävät aggregaattorien tarjoaman kulutusjoustopuolelle osallistumisen sähkömarkkinoille. Verkonhaltija ei saa myöskään periä erillistä maksua itsenäisen aggregaattorin vaihtamiseen liittyvistä suoritteistaan. (Sähkömarkkinalaki 2013/588.)

Pykälän 52 a mukaan myös jakeluverkonhaltijan on mahdollisuuksien mukaan hyödynnettävä joustopalveluja jakeluverkkonsa käytön ja kehittämisen tehosta-

miseksi sekä siirtorajoitusten hallitsemiseksi vastuualueellaan tai vastuualueensa rajojen yli tapahtuvissa siirroissa. Joustopalvelut on hankittava avointen, syrjimättömien ja markkinapohjaisten menettelyjen mukaisesti. Joustopalvelujen hankintaehtojen on edistettävä energiatehokkuustoimenpiteiden toteuttamista ja kustannustehokkuutta. Nykyisellään jakeluverkkoyhtiöt hyödyntävät joustoja esimerkiksi toteuttamalla päivä-/yösähkö -ohjauksia mittareidensa kautta. (Sähkömarkkinalaki 2013/588.)

Loppukäyttäjien oikeus tarjota järjestäytyneellä markkinapaikalla kulutusjoustoja joko itsenäisesti tai aggregaattorin välityksellä määritellään pykälässä 65 a. Markkinapaikan ylläpitäjä ei saa asettaa kulutusjouston järjestäytyneelle markkinapaikalle pääsyyllä ehtoja, jotka perusteettomasti syrjivät kulutusjoustoja sähköntuotantoon verrattuna. Pykälän 72 b mukaan loppukäyttäjän aggregointisopimuksen tekeminen ei myöskään edellytä tämän verkonhaltijan tai sähköntoimittajan suostumusta. Sähköntoimittaja ei saa asettaa loppukäyttäjille perusteettomia tai syrjiviä ehtoja tai maksuja, jotka rajoittavat aggregointisopimuksen tekemistä itsenäisen aggregaattorin kanssa. Asiakkaan pyytäessä sopimusehtojen mukaisesti sähköntoimittajan tai itsenäisen aggregaattorin vaihtamista, verkonhaltijan, sähköntoimittajan ja itsenäisen aggregaattorin tehtävänä on toteuttaa niiden vastuulla olevat sähköntoimittajan tai itsenäisen aggregaattorin vaihtamiseen liittyvän markkinaprosessin mukaiset toimenpiteet viipymättä. (Sähkömarkkinalaki 2013/588.)

Itsenäisen aggregaattorin on pykälän 72 a mukaan korvattava vuorokausimarkkinalla, päivän sisäisellä markkinalla tai tasehallintamarkkinalla toteuttamansa kulutusjouston aktiivoinnin aikana aiheutuneet kustannukset asiakkaansa avoimelle toimittajalle tai tämän tasevastaavalle. Järjestelmävastaavan kantaverkonhaltijan tehtävänä on määrittää korvauksen laskentamenetelmä. Laskentamenetelmän on oltava sähkömarkkinoiden osapuolten kannalta tasapuolinen ja syrjimätön, eikä se saa estää itsenäisen aggregaattorin tarjoaman kulutusjouston mahdollisuutta osallistua markkinoille. (Sähkömarkkinalaki 2013/588.)

Sähkön mittausta koskien säädetään pykälässä 71, että mikäli sähkö toimitetaan loppukäyttäjille kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäisen sähköverkon kautta mittaus tulee järjestää siten, että huoneistokohtaisen mittauslaitteiston

mittaama sähkönkulutus voidaan helposti ja teknisesti luotettavalla tavalla sekä yhdistää kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän mitattuun kokonaiskulutukseen, että erottaa siitä. Mittaus tulee järjestää siten, että siitä aiheutuvat kustannukset ovat loppukäyttäjille ja sähköntoimittajille mahdollisimman pienet. Pykälän 72 nojalla kiinteistönhaltijan vastuulla on huolehtia siitä, että loppukäyttäjällä on mahdollisuus sähköntoimitukselle jakeluverkonhaltijan jakeluverkon kautta. Kiinteistönhaltijan tulee luovuttaa tätä tarkoitusta varten loppukäyttäjälle käyttöoikeus kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäiseen sähköverkkoon. Loppukäyttäjän on kuitenkin korvattava kiinteistönhaltijalle sähkön mittaukseen liittyvistä muutostöistä aiheutuvat kustannukset siirtyessään ostamaan sähkönsä jakeluverkon kautta. jos sähkö on alun perin toimitettu loppukäyttäjille kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäisen sähköverkon kautta. (Sähkömarkkinalaki 2013/588.)

3.2.6 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiston mittauksesta

Sähkömarkkinalain nojalla säädetyssä Valtioneuvoston asetuksessa sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta täsmennetään tietyt sähkömarkkinalain kohtia. Seuraavaksi on poimittuna tämän työn kannalta olennaisimpia sisältöjä asetuksesta. Asetuksessa on määritelty käsitteet ”paikallinen energiayhteisö” sekä ”aktiivinen asiakas”. Energiayhteisöjä käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa 4. Paikallinen energiayhteisö tekee sopimuksensa oikeushenkilön, kuten vaikkapa taloyhtiön nimissä, joka tuottaa hyödyt jäsenilleen tai osakkailleen. Aktiivisten asiakkaiden ryhmässä loppukäyttäjät eivät toimi oikeushenkilön kautta vaan solmivat keskenään tarvittavat sopimukset vastuistaan. Esimerkiksi osa taloyhtiön asukkaista voi muodostaa aktiivisten asiakkaiden ryhmän keskenään, jos koko taloyhtiö ei ole halukas toimimaan paikallisena energiayhteisönä. Lisäksi asetuksessa on säädetty kyseisten energiayhteisömallien hyvityslaskentaperiaatteista, jotka perustuvat yhteisön ilmoittamiin jako-osuuksiin. (Valtioneuvoston asetus 767/2021.)

Pykälässä 5 on säädetty uuden etämittauslaitteiston toiminnalliset vaatimukset sähköverkossa. Näitä vaatimuksia käsitellään tarkemmin AMR 2.0 -teknologiaa koskevassa luvussa 7. Pykälän 12 mukaan uudisrakennukseen tulevat erilliset

asuin- ja liikehuoneistot tulee varustaa sähkön kulutuksen mittaavilla mittauslaitteistoilla, jos sähkö myydään sähkökäyttäjille kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäisen sähköverkon kautta. Tätä sovelletaan myös kiinteistöön tai sitä vastaavaan kiinteistöryhmään, jonka sisäistä sähköverkkoa muutetaan siten, että sähkö myydään muutoksen jälkeen sähkökäyttäjille kiinteistön sisäisen sähköverkon kautta. Vaatimus saattaa tulevaisuudessa lisätä kiinnostusta mittaus- ja energianhallintapalveluja kohtaan myös uusissa kiinteistöissä. Kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäiseen sähköverkkoon kuuluvan mittauslaitteiston lukemiseen sovelletaan samoja pykäläiä, kuin jakeluverkkoon liitetyn sähkökäyttöpaikan mittauslaitteiston lukemiseen. Muun muassa sähkökäyttöpaikan tuntimittauslaitteisto ja varttimittauslaitteisto on luettava vähintään kerran vuorokaudessa. (Valtioneuvoston asetus 767/2021.)

4 ENERGIAYHTEISÖJÄ KOSKEVA SÄÄNTELY JA TUTKIMUS

Luvun tarkoitus on käsitellä tarkemmin energiayhteisöjä koskevaa sääntelyä sekä tutkimus- ja kehitystyön tilannetta. Koottua tietoa peilataan luvussa 8 VENI:n nykyisin tarjomiin palveluihin ja tutkitaan mahdollisuuksia kehittää VENI:n palveluita vastaamaan energiayhteisöjen tarpeisiin. Energiayhteisöä voidaan käyttää myös lämmön, veden, kaasun tai muun hyödykkeen jakeluun, kuten LEMENE-energiayhteisössä, mutta työssä keskitytään energiayhteisöihin sähköenergian näkökulmasta (Lempäälän Energia n.d.).

4.1 Energiayhteisön määritelmä

Sähköenergiaan liittyvistä energiayhteisöistä on EU:n tasolla muutama määritelmä, joiden pohjalta Suomen kansallista lainsäädäntöä on lähdetty rakentamaan. Sähkömarkkinadirektiivissä määritellyllä Kansalaisten energiayhteisöllä tarkoitetaan oikeushenkilöä,

joka perustuu vapaaehtoiseen ja avoimeen osallistumiseen ja jossa tosiasiallista määräysvaltaa käyttävät jäsenet tai osakkaat, jotka ovat luonnollisia henkilöitä, paikallisviranomaisia, kunnat mukaan lukien, tai pieniä yrityksiä;

jonka ensisijainen tarkoitus on tuottaa rahallisen voiton sijaan ympäristöön, talouteen tai sosiaaliseen yhteisöön liittyviä hyötyjä jäsenilleen tai osakkailleen tai alueille, joilla se toimii; ja

joka voi harjoittaa tuotantoa, mukaan lukien uusiutuvista lähteistä peräisin olevaa tuotantoa, jakelua, toimitusta, kulutusta, aggregointia, energian varastointia, energiatehokkuuspalveluja tai sähköajoneuvojen latauspalveluja tai voi tarjota muita energiapalveluja jäsenilleen tai osakkailleen. (Direktiivi 2019/944/EU.)

Sähkömarkkinadirektiivissä on lisäksi määritelty aktiivisten asiakkaiden ryhmän tarkoittavan:

Yhdessä toimivien loppuasiakkaiden ryhmää, joka kuluttaa tai varastoi omissa tiloissaan rajatulla alueella tai jäsenvaltion niin salliessa muissa tiloissa tuotettua sähköä tai joka myy itse tuottamaansa sähköä tai osallistuu joustoa tai energiatehokkuutta koskeviin järjestelyihin, jos tällainen toiminta ei ole sen ensisijaista kaupallista tai ammatillista toimintaa. (Direktiivi 2019/944/EU.)

Kummankaan yhteenliittymän osalta ei rajoiteta niiden jäsenten sijaintia tai toimialueen kokoa. Kansalaisten energiayhteisön resurssit voivat siis olla hyvin hajaantuneestikin jakautuneet tai vaihtoehtoisesti keskitetty esimerkiksi tuotannon osalta, vaikka hyöty jaeltaisiin hajautettuihin kulutuksiin. Aktiivisten asiakkaiden ryhmän kohdalla korostetaan ainoastaan tuotannon tapahtuvan loppuasiakkaan omissa tiloissa, ellei jäsenvaltio toisin salli. Aktiivisten asiakkaiden ryhmä voi kuitenkin koostua erillään sijaitsevista loppuasiakkaista, jotka esimerkiksi aggregoivat kuormansa joustomarkkinoille.

Uusiutuvan energian direktiivissä painotetaan enemmän uusiutuvan energian merkitystä ja jäsenten sijaintia. Uusiutuvan energian yhteisön määritelmän mukaan yhteisön jäsenten tulee sijaita lähellä omistamiaan ja kehittämiään uusiutuvaa energiaa hyödyntäviä hankkeitaan. Samassa direktiivissä Yhdessä toimivilla itse tuotettua uusiutuvaa energiaa käyttävillä kuluttajilla tarkoitetaan vähintään kahta yhdessä toimivaa samassa rakennuksessa tai moniasuntoisessa rakennuksessa asuvaa loppukäyttäjää, jotka tuottavat uusiutuvista energialähteistä sähköä omaan kulutukseen ja jotka voivat varastoida tai myydä uusiutuvista energialähteistä itse tuottamaansa sähköä. (Direktiivi 2023/2413/EU.)

Suomen lainsäädännössä sekä Kansalaisten energiayhteisö että Uusiutuvan energian yhteisö ovat pantu täytäntöön sähkön osalta valtioneuvoston asetuksella sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. Paikallinen energiayhteisö on asetuksen määritelmän mukaan ”oikeushenkilö, joka tuottaa, toimittaa, kuluttaa, aggregoi tai varastoi energiaa taikka tarjoaa energiatehokkuuspalveluja, sähköajoneuvojen latauspalveluja tai muita energiapalveluja jäsenilleen tai osakkailleen.” (Valtioneuvoston asetus 767/2021.) Jäsenet ja osakkaat voivat olla luonnollisia henkilöitä, kuntia tai muita paikallisviranomaisia taikka pieniä tai keskisuuria yrityksiä. Paikallisten energiayhteisöjen jäsenten tai osakkaiden sähkökäyttöpaikkojen sähkön mittauksista vastaa jakeluverkonhaltija, ja näiden sähkökäyttöpaikkojen tulee sijaita samalla kiinteistöllä tai sitä vastaavalla kiinteistöryhmällä, ja niiden tulee olla liitetty jakeluverkonhaltijan jakeluverkkoon samalla liittymällä. Paikallinen energiayhteisö tarkoittaakin käytännössä jakeluverkkoyhtiön mittauksilla toteutettua hyvityslaskentaan perustuvaa energiayhteisöä. (Valtioneuvoston asetus 767/2021.)

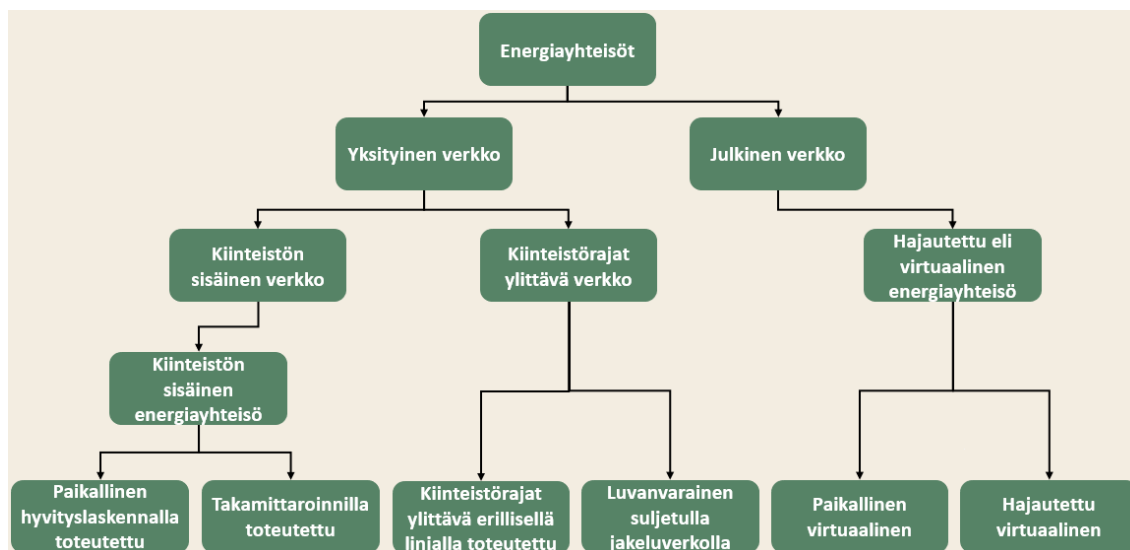
Määritelmistä voidaan vetää yhteen, että energiayhteisö on yhteenliittymä, jonka tarkoitus on helpottaa paikallista omavaraista energiantuotantoa ja jakelua, tarjota energiaan liittyviä palveluita yhteisön jäsenille sekä mahdollistaa vastuullisia energiavalintoja kaiken kokoisille loppukäyttäjille. Ensisijaisena tavoitteena ei ole tuottaa rahallista voittoa, vaikka energiayhteisöön sisältyy mahdollisuus osallistua ylijäämäenergialla tai joustokapasiteetilla myös energiamarkkinoille.

ProCemPlus-työryhmä (2021) toteaa loppuraportissaan, että energiayhteisöjen monimuotoisuuden ja monitoimijuuden myötä liiketoimintamallin esittäminen perinteisen Canvas-viitekehysten avulla on haastavaa. Liiketoimintamalli ei siis välttämättä perustu perinteisesti ajateltuun kilpailuetuun, joka erottaa muista kilpailijoista, vaan asiakasarvoon, jota voidaan yhteisökohtaisesti luoda eri tavoilla. Energiayhteisön suunnittelussa ja toteutuksessa tulisikin ottaa huomioon, että energiayhteisön toiminta voi perustua useille erilaisille funktioille useiden eri arvovirtojen saavuttamiseksi. Näistä esimerkkeinä sähkön hankinnan optimointi, oman tuotannon kulutuksen optimointi, jouston tarjoaminen energiamarkkinoille tai huipputehon hallinta. Energiayhteisöä perustettaessa tulisikin löytää kyseiselle yhteisölle sopiva liiketoimintamalli, tunnistaa siihen liittyvät olennaiset toimijat ja palveluntarjoajat sekä luoda kaikkien osapuolten näkökulmasta houkutteleva arvojakomalli. Myös energiayhteisön hallinnoinnista vastaava taho tulee olla selvillä. Hallinnollisia tehtäviä ovat esimerkiksi verotukseen liittyvät kysymykset, sähköturvallisuus sekä laitteistoihin liittyvät huolto ja ylläpitotehtävät. (Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem 2021, 40.)

4.2 Energiayhteisötyypit

Työ- ja elinkeinoministeriön älyverkkotyöryhmä on vuonna 2018 tunnistanut kolme energiayhteisötyyppiä, jotka ovat kiinteistön sisäinen energiayhteisö, kiinteistörajat ylittävät energiayhteisö ja hajautettu energiayhteisö (Pahkala ym. 2024, 19-23). Tampereen yliopiston, Tampereen ammattikorkeakoulun ja VTT:n ProCemPlus -hankkeessa (2021) sekä Työ- ja elinkeinoministeriön (2023) energiayhteisötyöryhmän loppuraportissa on tunnistettuja energiayhteisötyyppejä luokiteltu edelleen muodostaen yhteensä kuusi eri energiayhteisötyyppiä, jotka ovat esiteltyinä alla kuviossa 20. (Prosumer Centric Energy Communities towards

Energy Ecosystem 2021; Energiayhteisöt ja erilliset linjat Energiayhteisöryh-
män loppuraportti 2023)



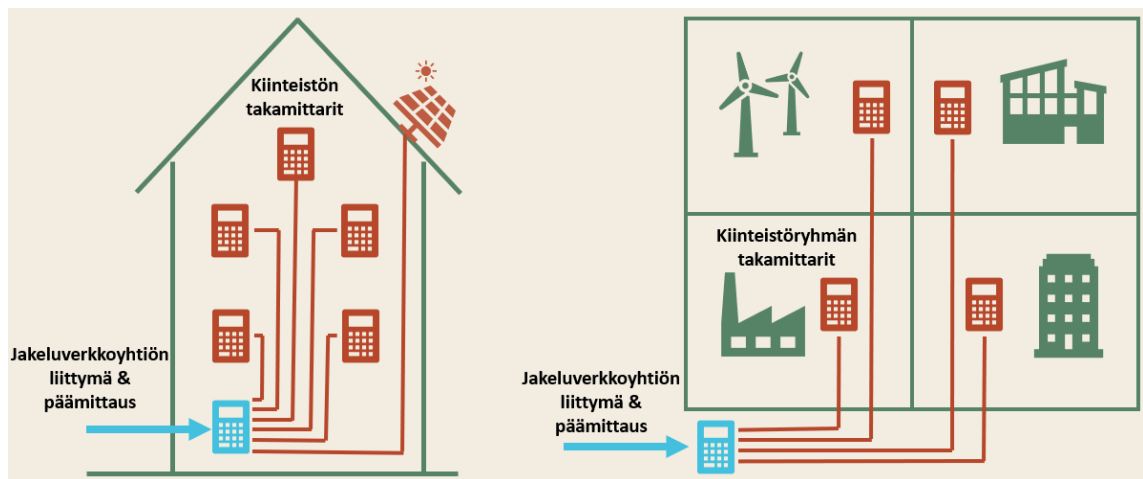
KUVIO 20. Energiayhteisömallit (Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem 2021, 18, muokattu).

4.2.1 Kiinteistön sisäinen energiayhteisö

Kiinteistön sisäinen energiayhteisö tarkoittaa energiayhteisöä, jossa kaikki osapuolet ja resurssit sijaitsevat samalla kiinteistöllä tai sitä vastaavalla kiinteistöryh-
mällä. Kiinteistöryhmillä tarkoitetaan saman tahon hallinnassa olevia ja maantie-
teellisesti toisiinsa rajoittuvia kiinteistöjä (Energiayhteisökäsikirja 2024). Energia-
yhteisön omaa tuotantoa voidaan laskennallisesti kohdistaa vähentämään yhteis-
sön jäseniltä laskutettavaa sähkönkulutusta. Netottamalla tuotanto ja kulutus
saadaan omasta tuotannosta täysimääräinen hyöty. Jokainen tuotettu kilowatti
vähentää yhden kilowatin ostettavan sähkön määrästä ja säästö koostuu näin
kaikista sähkön hintakomponenteista eli energian, siirron sekä veron osuudesta.

Kiinteistön sisäiset energiayhteisöt sisältävät hyvityslaskennalla toteutetut paik-
alliset energiayhteisöt sekä takamittaroidut energiayhteisöt. Hyvityslaskennalla to-
teutettu energiayhteisö perustuu valtioneuvoston asetuksen 767/2021 mukaan
aina jakeluverkkoyhtiön toteuttamiin mittauksiin ja hyvityslaskentaan (Valtioneu-
voston asetus 767/2021). Jakeluverkkoyhtiön toteuttama hyvityslaskenta perus-
tuu ilmoitettuihin kiinteisiin jakoperusteisiin, eikä se myöskään kannusta yhteisön

jäseniä yhteistyössä optimoimaan koko sähköliittymän tehoja. Paikallisen hyvityslaskentaan perustuvan energiayhteisön perustamisesta sovitaan paikallisen jakeluverkkoyhtiön kanssa. Kiinteistön sisäinen energiayhteisö on mahdollista perustaa myös yhteisön omilla takamittareilla (kuvio 21). Mallissa kiinteistö liittyy jakeluverkkoon yhdellä liittymällä, jonka kulutusta jakeluverkkoyhtiö mittaa rajapistemittauksella. Yhteisön vastuulle jää toteuttaa kiinteistön sisäinen loppukäyttäjien ja tuotannon mittaaminen sekä laskutus. Takamittaroidun mallin mahdollistaa sähkömarkkinalain 71 pykälän mukainen sähköntoimitus kiinteistön sisäisen sähköverkon kautta. (Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem 2021, 19-20.)



KUVIO 21. Takamittaroidun energiayhteisön periaate kiinteistössä ja kiinteistöryhmässä.

Takamittaroitu malli mahdollistaa joustavammat arvonjakomallit yhteisön jäsenille, kuin jakeluverkkoyhtiön hyvityslaskenta, joka perustuu ilmoitettuihin jakosuuksiin. Oman tuotannon hyödyn kohdistamisessa voidaan huomioida esimerkiksi jäsenten kulutusprofiili ja kyky ajoittaa kulutusta niille hetkille, kun oman tuotannon määrä on suuri tai energiaa on paikallisesta varastosta hyvin saatavilla. Suurempien kiinteistöjen siirtotuotteessa on lähes poikkeuksetta tehokomponentti ja tulevaisuudessa tehooperusteinen siirtohinnoittelu voi yleistyä pienkuluttajillekin. Tehomaksuja voitaisiinkin kohdistaa aiheuttamisperusteisesti energiayhteisön jäsenille ja näin kannustettaisiin kulutusjousto ja kiinteistön liittymän tehonhallintaan yhteistyössä. Takamittaroitujen energiayhteisöjen mittausta- ja laskutusta voisi hoitaa ulkopuolinen palveluntarjoaja, jolloin yhteisön ei tarvitse

huolehtia tarvittavasta laitteistosta, niiden luennasta ja laskutuksesta. Palveluntarjoaja voisi myös omalla osaamisellaan auttaa energiayhteisöä sopimaan sille soveltuvimmista arvonjakomalleista.

4.2.2 Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö

Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö on mahdollista Suomessa erillisen linjan avulla, jonka rakentamisen uusin sähkömarkkinalain päivitys mahdollistaa ilman vastuualueen jakeluverkkoyhtiön lupaa. Erillisellä linjalla liitetään pienimuotoista sähköntuotantoa sähkönkäyttöpaikkaan tai kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän verkkoon. Esimerkiksi erilliselle tontille rakennetut aurinkopaneelit voidaan liittää erillisellä linjalla viereisellä tontilla sijaitsevaan rakennukseen, jossa tuotanto jaellaan edelleen rakennuksessa sijaitseville energiayhteisön jäsenille. Erillinen linja ei saa kuitenkaan muodostaa sähkönkäyttöpaikkojen liittymisjohtojen kanssa rengasyhteyttä sähköverkkoon tai sähköverkkojen välille. Erillisellä linjalla toteutetun mallin voisi siis mieltää laajennetuksi kiinteistön sisäiseksi energiayhteisöksi, jossa jäsenten mittaus- ja laskutus pitää edelleen toteuttaa joko verkkoyhtiön tai yhteisön omilla mittareilla. (Energiayhteisöt ja erilliset linjat: Energiayhteistyöryhmän loppuraportti 2023, 17-18)

Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö on mahdollista toteuttaa myös suljetun jakeluverkkoluvan avulla, sillä sähkömarkkinadirektiivissä jäsenvaltioille annetaan mahdollisuus sallia se, että kansalaisten energiayhteisöistä tulee joko yleisen järjestelmän mukaisia jakeluverkonhaltijoita tai suljetun jakeluverkon haltijoita (Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem 2021, 12). Suljettujen jakeluverkkojen rakentaminen Suomessa on luvanvaraista, ja luvan siihen myöntää Energiavirasto. Suljetun jakeluverkon lupa voidaan sähkömarkkinalain mukaan myöntää maantieteellisesti rajatulle teollisuus- tai elinkeinoalueelle, joka harjoittaa sähköverkkotoimintaa tai yhteisiä palveluja tarjoavalle, jonka sähköverkossa ei toimiteta sähköä kuluttajille. Suljetun jakeluverkonhaltijaan sovelletaan mitä laissa säädetään jakeluverkoista ja niiden haltijoista muun muassa tasapuolisista ja syrjimättömistä myyntiehdoista kaikille verkon käyttäjille. Tämä

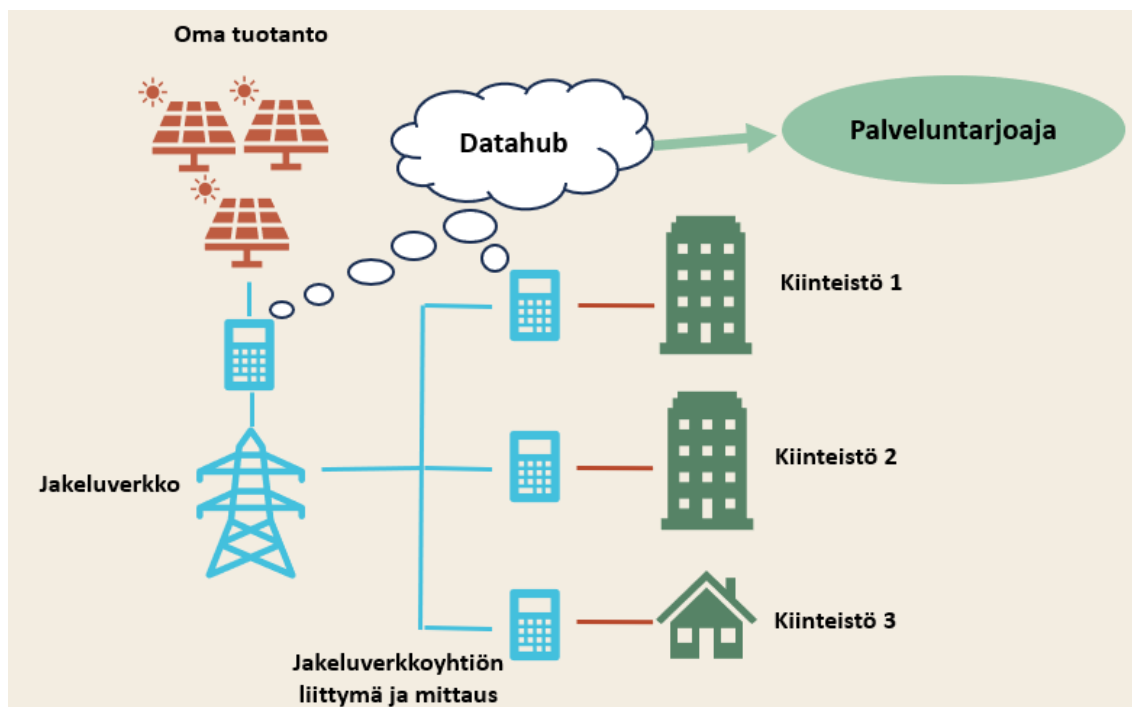
on ulkopuolisen palveluntarjoajankin hyvä huomioida sovittaessa energiayhteisön sisäisistä hinnoitteluperiaatteista, jos se vastaa suljetun jakeluverkon mittauksesta ja laskutuksesta. (Sähkömarkkinalaki 2013/588)

4.2.3 Hajautettu energiayhteisö

Hajautetut eli virtuaaliset energiayhteisöt eivät rajoitu yhden kiinteistön tai kiinteistöryhmän alueelle, vaan ne voivat koostua maantieteellisesti hajautetuista jäsenistä ja resursseista. Energiayhteisöryhmän (2023) mukaan nykyisen lainsäädännön puitteissa virtuaalisen energiayhteisön jäsenet näyttäytyvätkin tavallisina kulutus- ja tuotantoasiakkaina verkkoyhtiöille ja muille sähkömarkkinaosapuolille sekä taseselvityksessä. Virtuaalisen energiayhteisön sähkön jakelu tapahtuu julkisen jakeluverkon kautta ja sen mittaroinnista vastaa verkkoyhtiö omilla mittareillaan. (Energiayhteisöt ja erilliset linjat: Energiayhteisöryhmän loppuraportti 2023, 18)

Energiayhteisöryhmän (2023) mukaan virtuaalinen energiayhteisö voi olla joko paikallinen tai hajautettu. Paikallinen virtuaalinen energiayhteisö toimii paikallisen jakeluverkon alueella, ja jakeluverkosta löytyy jokin piste, kuten jakelumuuntaja, jonka takana kaikki energiayhteisön jäsenet sijaitsevat. Hajautetun virtuaalisen energiayhteisön jäsenet ja resurssit puolestaan voivat sijaita vapaasti missä tahansa Suomessa. Virtuaaliset energiayhteisöt mahdollistavat esimerkiksi tuotantoresurssien sijoittamisen niille optimaalisimpaan paikkaan tai ylipäättään tuotannon keskitetyn rakentamisen. Virtuaalisen energiayhteisön tapauksessa sähköenergia siirtyy jakeluverkkoa pitkin, jolloin siitä joudutaan maksamaan siirto ja verot normaaliin tapaan. Oma tuotanto voidaan siis hyvityslaskennalla kohdistaa vähentämään ainoastaan sähköenergian osuutta jäsenten sähkölaskulta. Virtuaalista energiayhteisöä ei ole lainsäädännössä määritelty samalla tavalla kuin paikallista. Energiayhteisöryhmä toteaa kuitenkin virtuaalisten energiayhteisöjen olevan mahdollisia nykyisen lainsäädännön mukaan, eikä niiden luomiselle ja toimimiselle ole esteitä. (Energiayhteisöt ja erilliset linjat: Energiayhteisöryhmän loppuraportti 2023, 19)

Virtuaalinen energiayhteisö tarvitsee toimijan, joka hallinnoi yhteisön sisäistä arvonjakoa. Palvelun sisältö vastaisi siis nykyistä verkkoyhtiöiden toteuttamaa hyvityslaskentamallia, mutta ulkopuolinen palveluntarjoaja mahdollistaisi toteutuksen maantieteellisistä ja verkkoyhtiöiden rajoista riippumatta. Myöhemmin luvussa 6.1 käsiteltäviä virtuaalivoimalaitoksia voidaan ajatella hajautettuina energiayhteisöinä. Virtuaalivoimalaitoksen kohteet voivat sijaita maantieteellisesti hajallaan eri jakeluverkkoyhtiöiden alueella ja ne hyötyvät yhdessä taloudellisesti tarjoamastaan joustokapasiteetista. Nykyisen lainsäädännön puitteissa, jossa ei ole virtuaalisen energiayhteisön toteutusmalleja tarkemmin määritelty, olisi virtuaalisen energiayhteisön jäsenen mahdollista olla myös kiinteistö, joka muodostaa itsessään kiinteistön sisäisen energiayhteisön. Tämän tulisi jatkossakin olla mahdollista vähintäänkin, jotta voidaan sallia kiinteistön sisäisen energiayhteisön joustojen tarjoaminen markkinoille osana virtuaalivoimalaitosta. Virtuaaliseen energiayhteisöön kuuluvia osapuolia on esitetty kuviossa 22.



KUVIO 22. Virtuaalisen energiayhteisön periaate ulkopuolisella palveluntarjoajalla.

4.3 Energiayhteisöjen jatkokehitys

ProCem Plus -hankkeen työryhmän (2021) mukaan energiayhteisöjen tiimoilta on käynnissä paljon aktiviteetteja kansainvälisesti, mutta kokonaisvaltainen näkemys on vielä kehitysasteella ja esimerkiksi käsitteistö on vielä monilta osin epäselvää. Työryhmän mukaan kaivataankin edelleen syvällisempää tutkimusta sekä konkreettisten pilottien ja kokeilujen toteutusta, jotka tukevat politiikkatoimenpiteiden valmistelua sekä liiketoimintalähtöisten ekosysteemien syntymistä. (Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem 2021, 12.)

Energiayhteisöjen kehitystä selkeyttäisikin huomattavasti, jos kaikki tunnistetut energiayhteisömallit olisivat sisällytetty kansallisen sääntelyn piiriin. Hajautettujen energiayhteisöjen osalta ei ole vielä määritelty tarkemmin, miten niiden tulisi järjestäytyä ja miten esimerkiksi energian netotus voidaan tehdä kaikille osapuolille tasapuolisesti. Selkeillä ohjeilla ja pelisäännöillä energiayhteisöjen yleistyminen voitaisiin ohjata, ja niiden hyödyntäminen voisi olla laaja-alaisempaa. Toisaalta myös energiayhteisöihin liittyvien palveluntarjoajien aktiivisuudella voidaan edistää sopivien toimintatapojen löytämistä ja kehitystä yhteistyössä energiayhteisöjen ja niiden kehittäjien kanssa. Energiayhteisötyöryhmän (2023) mukaan kulutusjousto ja energiayhteisöjä voitaisiin edistää muun muassa muuttamalla rakennusten E-lukulaskentaa sekä mahdollistamalla erilaisia sääntelykokeiluja ja innovaatioiden testaamista (Energiayhteisöt ja erilliset linjat: Energiayhteisötyöryhmän loppuraportti. 2023, 43). Yksi askel kehityksessä eteenpäin on parhaillaan käynnissä oleva REC4EU -hanke, jonka tavoitteena on edistää energiayhteisöjen syntymistä, toimintaa, verkostoitumista ja tiedonvälitystä. Kolmevuotinen hanke on kansainvälinen ja siihen kuuluu kumppaneita Suomen lisäksi kuudesta Euroopan maasta. (Pirkanmaan liitto n.d.)

5 SÄHKÖMARKKINAT SUOMESSA

Luvussa käsitellään lyhyesti Suomen sähkömarkkinoita, jotta voitaisiin ymmärtää liitteissä esitettyjä kannattavuuslaskelmia sekä erilaisten palvelujen ja toimenpiteiden ansaintalogiikoita. Luku painottuu enemmän sähkön siirron hinnoitteluun sekä reservimarkkinoihin, kuin sähköenergian markkinoihin johtuen myöhemmin tarkasteltavista toimista, joilla pyritään hyötymään taloudellisesti lähinnä kahdesta ensin mainitusta. Sähköenergian markkinoita kuvataan kuitenkin alussa lyhyesti, niiden ollessa olennainen osa sähkömarkkinakokonaisuutta.

5.1 Fyysiset ja johdannaismarkkinat

Sähköenergian markkinat Suomessa koostuvat useasta eri markkinapaikasta. Johdannaismarkkinoilla Nasdaq OMX Commodities -pörssissä kauppaa käydään kuukausiksi tai vuosiksi eteenpäin johdannaistuotteilla eli futuureilla, forwardeilla, ja optioilla. Johdannaistuotteilla sovitaan hinta tietylle määrälle sähköä tietyssä ajankohtana tulevaisuudessa. Johdannaistuotteilla pystytäänkin rakentamaan pitkän aikavälin suojaa sähkön hintavaihteluilta. Fyysisellä markkinalla kauppaa käydään vuorokauden sisällä ja siellä tehdyt kaupat johtavat aina fyysiseen sähkön toimitukseen. Pohjoismaiden sekä Baltian maiden yhteinen fyysisen markkinan kauppapaikka on Nord Pool -sähköpörssi, jossa kaupankäynti vielä edelleen jakautuu Elspot-markkinaan (day-ahead) ja Elbas-markkinaan (intraday). Elspot-vuorokausimarkkinalla muodostetaan hinta seuraavan vuorokauden jokaiselle tunnille marginaalihinnoitteluperiaatteella kysyntä- ja tarjontakäyrien leikkauspisteessä. Päivänsisäisellä Elbas-markkinalla markkinaosapuolet voivat vielä korjata tuotanto- ja kulutussuunnitelmiaan, joihin vaikkapa muuttuneet kulutuspäätökset, sääolosuhteet tai laiterikot voivat vaikuttaa. (Partanen ym. 2021. 23-26)

Fyysisten- ja johdannaismarkkinoiden lisäksi sähkökauppoja voidaan tehdä myös OTC eli Over the counter -sopimuksilla ja PPA eli Power Purchase Agreement -sopimuksilla. OTC on kahdenvälistä pörssin ulkopuolella tapahtuvaa kaupankäyntiä, jolla vältetään pörssikauppaan liittyvät maksut ja pörssikaupankäyntiä varten tarvittavista henkilöistä aiheutuvat kulut. OTC-kaupankäynnillä voidaan

päästä hyvin yksilöllisiin ratkaisuihin, mikä saattaa joissain tapauksissa olla kannattavaa. OTC-kaupoissakin voidaan kuitenkin käyttää selvitystaloa, jolloin vastapuoliriski on pienempi. Suuret sähkökäyttäjät voivat solmia energiantuottajien kanssa myös PPA-sopimuksen, jolla sovitaan tietyn sähkön määrän hankkimisesta tietyn ajanjakson ajan sovittuun hintaan. Sopimuksen kesto on yleensä vuosia. (Partanen ym. 2021. 23-26)

5.2 Säätosähkö- ja reservimarkkinat

Sähköjärjestelmän tuotannon ja kulutuksen tulee olla jatkuvasti tasapainossa ja sähköverkon taajuuden pysyä sallittujen rajojen sisällä. Fingridillä järjestelmävastavana on vastuullaan jatkuva tehotasapainon hallinta ja se pitääkin yllä siihen vaadittavia säätosähkö- ja reservimarkkinapaikkoja. Pääosa tasapainotuksesta tapahtuu markkinaosapuolten tekemien tuotanto- ja kulutusennusteiden avulla Elspot- ja Elbas-kaupankäynnissä. Päivänsisäisten ja vielä sähkön toimitushetkelläkin tapahtuvien tasepoikkeamien tasapainotukseen tarvitaan kuitenkin reservejä. Reservejä ovat tuotantolaitokset, kulutuskohteet ja energiavarastot, jotka muuttavat tehoaan tarpeen mukaan tehotasapainon säätämiseksi. Tehotasapainon hallinta jaetaan alas- ja ylössäätöön, joilla tarkoitetaan suuntaa, johon sähköverkon taajuutta halutaan säätää. Taajuutta voidaan säätää alaspäin vähentämällä tuotantoa tai lisäämällä kulutusta. Vastaavasti ylössäätö tapahtuu lisäämällä tuotantoa tai vähentämällä kulutusta.





Säätosähkömarkkinoista käytetään lyhennettä mFRR tarkoittaen manuaalista taajuuden palautusreserviä. Markkinalla Fingrid varmistaa, että sillä on käytössään riittävästi säätökykyistä kapasiteettia tehotasapainon ylläpitämiseksi. Kaupankäynti tällä markkinapaikalla tapahtuu päivänsisäisesti ja säätötarjouksia voidaan jättää viimeistään 45 minuuttia ennen tarjouksen kohteena olevaa käyttötuntia. Säätosähkön hinta määräytyy käytettyjen tarjousten perusteella ja säätosähkön hinta toimii myös tasesähkön hinnoittelun perusteena. Säätokapasiteettimarkkinalla (mFRR kapasiteetti) Fingrid varmistaa, että sillä on käytössään riittävästi tarjouksia seuraavaksi päiväksi säätosähkömarkkinoille. Säätokapasiteettimarkkinalle osallistuessaan reservitoimittaja sitoutuu jättämään sovittun määrän

tarjouksia säätösähkömarkkinoille ja saa tästä hyvästä kapasiteettikorvausta. Kuviossa 23 on sähkömarkkinan koko aikajana markkinapaikoittain. (Fingrid n.d.a)



KUVIO 23. Sähkömarkkinapaikat aikajanalla. (Fingrid n.d.b)

Pelkästään säätösähkötarjouksia aktivoimalla ei voida kuitenkaan hallinnoida minuutti- tai sekuntitason tehotasapainoa, sillä sähköjärjestelmässä on jatkuvasti pientä lyhytkestoista vaihtelua. Jatkuvan tehotasapainonhallinnan toteuttamiseksi tarvitaan nopeampia reservituotteita, jotka ovat Nopea taajuusreservi FFR, Taajuusohjattu häiriöreservi FCR-D, Taajuusohjattu käyttöreservi FCR-N sekä Automaattinen taajuuden palautusreservi aFFR. Tuotteet ovat esiteltyinä kuviossa 24. Tuotteilla on hieman erilaiset käyttötarkoitukset osan ollessa varattu häiriötilanteisiin, kuten matala inertia tai suuremmat taajuuspoikkeamat. Osaa taas käytetään jatkuvasti tehotasapainon minuutti- ja sekuntitason säätämiseen. Tuotteista FFR, FCR-D ja FCR-N aktivoituvat paikalliseen taajuusmittaukseen perustuen, eli Fingrid ei lähetä erillistä ohjaussignaalia tai aktivoi niitä manuaalisesti. Säätösähkötarjoukset Fingrid aktivoi manuaalisesti ja aFFR tuotteet 10 sekunnin välein lähetettävällä tehonmuutossignaalilla. (Fingrid 2023a)

	FFR	ED	FCRN	FRR	MERR
	Nopea taajuus-reservi, Suomi 18 %, Pohjoismaissa yht. 0-300 MW (arvio)	Taajuusohjattu häiriöreservi, Suomi -300 MW, Pohjoismaissa yht. 1 450 MW (ylös) ja 1400 MW (alas)	Taajuusohjattu käyttöreservi, Suomi -120 MW, Pohjoismaissa yht. 600 MW	Automaattinen taajuuden palautusreservi, Suomi 60-80 MW Pohjoismaissa yht. 300-400 MW	Säätösähkö- ja säätökapasiteetti-markkinat, Mitoitettava vika + tasevastaavien tasevirhe
Aktivointi	Suurissa taajuus-poikkeamissa, hankitaan pienen inertian tilanteissa	Suuremmissa taajuus-poikkeamissa, erikseen ylössäätö ja alassäätö	Käytössä jatkuvasti	Käytössä kohdistetuilla tunneilla	Tarvittaessa
Nopeus	Sekunnissa	Sekunneissa	Kolmessa minuutissa	Viidessä minuutissa	Vartissa (12,5 min)
					

KUVIO 24. Nopein reservituote vasemmalla ja hitain oikealla (Fingrid 2023a).

Reservikohteiden tulee täyttää Fingridin asettamat yleiset sekä jokaiselle reservituotteelle erikseen määritellyt vaatimukset. Lisäksi reservituotteen toimittajalle on asetettu vaatimuksia, jotka tulee täyttää. Tarkempia tietoja vaadituista ominaisuuksista löytyy jokaisen reservituotteen osalta Fingridin sivuilta löytyvistä Ehdot ja edellytykset toimittajalle sekä Teknisten vaatimusten todentaminen ja hyväksyttämismenettely -dokumenteista, joista on reservituotekohtaisesti oma versio. Reservituotteita aggregaattorin näkökulmasta käsitellään tarkemmin luvussa 6. Reservikapasiteetin ylläpitämisestä Fingrid maksaa korvausta reservitoimittajalle. Korvaus on reservituotteen vuosimarkkinoilla kiinteän suuruinen koko vuoden ajan. Tuntimarkkinoilla kapasiteettikorvauksen suuruus määräytyy jokaiselle hankintatunnille marginaalihinnittelulla samalla tavoin, kuin sähköenergialle päivän sisäisellä markkinalla. Toimittamattomasta kapasiteetista reservitoimittaja voi puolestaan joutua maksamaan korvauksen Fingridille.

5.3 Taseselvitys

Fingrid vastaa Suomen hetkellisen tehotasapainon ylläpidon lisäksi valtakunnallisesta taseselvityksestä. Sähkömarkkina osapuolen on huolehdittava sähkötaseestaan eli ylläpidettävä sähkön tuotannon, hankinnan, kulutuksen ja myynnin välinen tehotasapaino. Käytännössä osapuoli ei tästä yksin selviydy, vaan sillä on oltava avoin toimittaja, joka tasapainottaa osapuolen sähkötaseen toimittamalla tai ostamalla tarvittavan määrän sähköä tasevirheen oikaisemiseksi. Tasevastaavaksi taas kutsutaan osapuolta, jonka avoin toimittaja on Fingrid. Sähkön

toimituksen jälkeen tarkistetaan tasevastaavien tase, eli tuotanto- ja kulutussuunnitelmien ja toteutuneen tuotannon ja kulutuksen väliset erot. Erot, eli tasepoikkeamat, synnyttävät tarpeen tehdä säätöjä sähköjärjestelmässä. Toimijat, joilla on tasepoikkeamaa, maksavat tai saavat rahaa tasepoikkeaman suuruuden, suunnan ja tasesähkön hinnan mukaisesti. Tasesähkön kustannus on kannustin pyrkiä tasapainoon markkinoilla ja taseselvityksen seurauksena sähköjärjestelmän tasapainotuksen kustannukset voidaan jakaa tahoille, jotka ovat aiheuttaneet tarpeen tasapainottaa sähköjärjestelmää. (Fingrid n.d.c)

5.4 Siirtohinnoittelu

Sähköverkkotoiminta Suomessa on luvanvaraista ja siitä vastaa alueelliset jakeluverkkoyhtiöt. Jakeluverkon haltijalla on maantieteellisellä vastuualueellaan luonnollinen monopoli sähkön siirtoon, sillä ei ole järkevää rakentaa rinnakkaista kilpailevaa sähköverkkoa. Jakeluverkkoyhtiöt rakentavat oman liiketoimintansa näkökulmasta kannattavat siirtotuotteet, joilla pyritään vastaamaan eri kokoluokan sähkön käyttäjien tarpeisiin. Siirtohinnoittelun tasapuolisuutta ja syrjimättömyyttä ohjataan sähkömarkkinalailla ja sen toteutumista sekä jakeluverkkoyhtiöiden tuottoja valvoo Energiavirasto. Siirtohintaa koostuu perusmaksusta ja kulutusperusteisesta energiamaksusta. Lisäksi suurimmille sähkönkuluttajille on tarjolla tehotariffituotteita, joissa on perus- ja energiamaksun lisäksi pätötehomaksu sekä mahdollinen loistehomaksu. Tehomaksu myös pienten loppukäyttäjien siirtotuotteissa on yleistymässä. (Partanen ym. 2021, 44, 48)

Tyypillisesti suurten kiinteistöjen siirtotuote on jokin paikallisen jakeluverkkoyhtiön tehotariffeista. Esimerkiksi Tampereen Energia Sähköverkot tarjoaa neljää eri tehoerusteista tuotetta, jotka ovat pienjännitetehosiirto, kesijännitetehosiirto 1, kesijännitetehosiirto 2 ja 110 kV siirto. Kaikki neljä sisältävät omat hintakomponenttinsa pätö- ja loisteholle ja ne määräytyvät seuraavasti:

Laskutettava pätöteho määräytyy käyttöpaikkakohtaisesti liukuvan 12 kuukauden aikana mitatun kahden suurimman kuukausittaisen tuntitehon keskiarvona ja laskutettava loisteho on kuukauden suurin mitattu induktiivinen loisteho, josta on vähennetty 20 % laskutuspätötehon määrästä tai vähintään 50 kVAr. Kapasitiivistä loistehoa ei toistaiseksi laskuteta, mutta ylikompensointi on tehokkaasti estettävä. (Tampereen Energia Sähköverkko 2023)

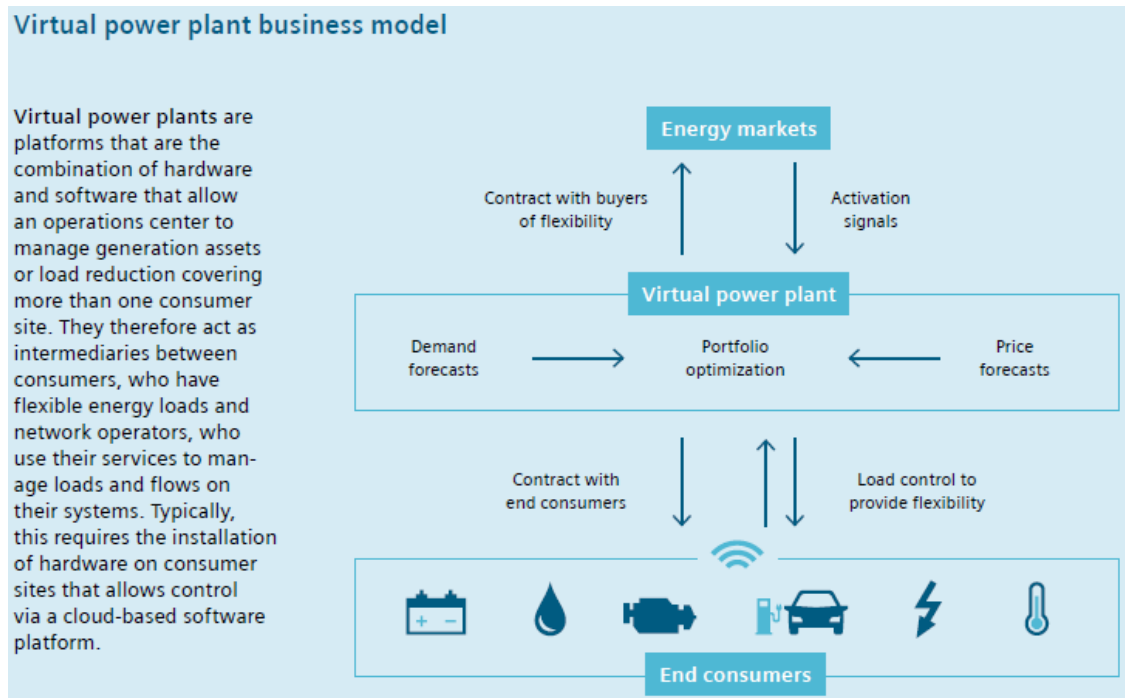
Tuntiteholla tarkoitetaan käytännössä tunnin aikaista sähkönkulutusta. Tehomaksun suuruus määräytyy hieman eri tavoin verkkoyhtiön mukaan, mutta yleisesti kuitenkin tehopiikkien mukaan eikä jatkuvan tai keskimääräisen tehon perusteella. Tehopiikkejä leikkaamalla ja kulutusta tasaisemmin jakamalla voidaan vähentää siirtolaskulla olevan tehomaksun suuruutta. Sähkölaskun kuormanohjausrele olisi riittävä ohjaustapa toimittamaan ohjaustieto tehon hallintaa varten ja siksi on kiinnostavaa tutkia saavutettavissa olevaa hyötyä tälle suht yksinkertaiselle toimenpiteelle. Liitteessä 1 on esimerkkilaskelma tehopiikkien leikkaamisen taloudellisista hyödyistä Tampereen Energian Sähköverkkojen siirtohinnoittelua esimerkkinä käyttäen.

6 AGGREGOINTI PALVELUNTARJOAJAN NÄKÖKULMASTA

Sähkömarkkinoille jätettäville tarjouksille on asetettu minimirajat, mikä estää aivan pienimpien tuotanto- tai kulutuskohteiden tarjoamisen yksinään. Lisäksi vaaditaan osaamista kaupankäynnistä sekä tarvittavat järjestelmät. Resursseja voidaan kuitenkin yhdistää minimitarjouskoon täyttämiseksi. Resursseja kokoavaa toimijaa kutsutaan aggregaattoriksi. Aggregaattori tarjoaa asiakkaidensa resursseja eri markkinapaikoille ja tuottaa taloudellista hyötyä asiakkailleen huolehtien myös tarvittavasta teknisestä toteutuksesta. Aggregointia voi harjoittaa useampi erityyppinen toimija, muun muassa sähkönmyyjä. Yritys voi toimia myös teknisenä joustopalvelun tarjoajana, jolloin se tarjoaa ja operoi teknistä palvelualueita, mutta ei itse jätä tarjouksia sähkömarkkinoille eikä ole siis markkinaosapuoli. Itsenäinen aggregaattori on tällä hetkellä ainut Suomessa lainsäädännössä määritelty aggregaattorityyppi, vaikka muitakin mahdollisia tyyppisiä on tunnistettu. Luvussa keskitytään aggregointiin reservimarkkinoille niiden ollessa tällä hetkellä ainut itsenäiselle aggregaattorille sallittu sähkön markkinapaikka. (Pahkala, Uimonen & Väre 2017, 24-25.)

6.1 Virtuaalivoimalaitos

Joustavista resursseista, jotka ovat koottuna digitaaliselle alustalle yhdessä ohjattaviksi voidaan käyttää nimitystä virtuaalivoimalaitos. Nimestään huolimatta virtuaalivoimalaitos ei välttämättä tuota energiaa, sillä tehotasapainon hallinnan näkökulmasta kulutuksen vähentämisellä on sama vaikutus kuin tuotannon lisäämisellä. Virtuaalivoimalaitokset voivat kuitenkin toimia myös perinteisen voimalaitoksen tapaan, jos niissä voidaan varastoida tai tuottaa energiaa verkkoon syötettäväksi. Virtuaalivoimalaitosta hallinnoivalta ohjelmistolta vaaditaan kykyä hallita useasta muuttujasta koostuvaa kokonaisuutta kannattavalla tavalla, kuten nähdään kuviosta 25.



KUVIO 25. Virtuaalivoimalaitoksen periaate (Addressing decarbonization at the grid edge 2020, 9).

Aggregoinnin myötä on periaatteessa millaisella tahansa kiinteästi sähköverkkoon kytketyllä sähkölaitteella mahdollista ansaita sähkömarkkinoilla. Joustavaa tehoa voidaan löytää kiinteistössä sijaitsevien yritysten prosesseista, itse kiinteistön taloteknisistä järjestelmistä tai vaikkapa oman tuotannon ja energian varastoinnin laitteista. Reservimarkkinoita hallinnoiva Fingrid tarjoaa kotisivuillaan listan reservitoimittajista, jotka koostuvat pääosin suuren kokoluokan tuotanto- ja kulutuskohteista sekä perinteisistä energiayhtiöistä. Listalla on kuitenkin jo joitakin pelkästään aggregoinnin parissa toimivia yrityksiä, kuten Fusebox Energy, Sympower ja Vibeco. (Fingrid 2023b.)

6.2 Itsenäinen aggregaattori

Itsenäisellä aggregaattorilla ei ole perinteistä roolia sähkömarkkinoilla, sillä se ei ole asiakkaan sähkönmyyjä tai tasevastaava eikä se tarvitse sopimusta asiakkaan sähkönmyyjän tai tasevastaavan kanssa toimiakseen markkinoilla. Itsenäisen aggregaattori tarjoaakin asiakkaidensa joustokapasiteettia sähkön markkinoille nimensä mukaan itsenäisesti, ohi sähkön normaalin toimitusketjun. Riip-

pumattomuus normaalista sähkön toimitusketjusta tekee itsenäisen aggregaattorin roolin mahdolliseksi toimitusketjun ulkopuolisille palveluntarjoajille. Itsenäinen aggregointi laajentaa loppukäyttäjien mahdollisuuksia osallistua sähkömarkkinoille, mahdollistaa uutta liiketoimintaa yrityksille, sekä huolehtii sähköjärjestelmän tilasta, kuten muutkin joustot. Laki edellyttää itsenäistä aggregaattoria kuitenkin korvaamaan toiminnastaan aiheutuneet kustannukset loppukäyttäjän avoimelle toimittajalle tai tasevastaavalle Fingridin määrittämän kompensatiomallin mukaan. Aggregointitoiminnalla voidaankin aiheuttaa myös haittaa, jos se johtaa suuriin tasepoikkeamiin loppukäyttäjän tasevastaavalla. (Fingrid n.d.d)

Pohjoismaisten energiaviranomaisten yhteistyöjärjestö NordREG on julkaissut suosituksen, jossa erotellaan itsenäisen aggregaattorin toiminta vielä kahteen malliin ja arvioidaan niihin vaikuttavaa sääntelykehystä. Mallit ovat tasevastaava itsenäinen aggregaattori eli BRP-IA ja tasepalveluita tarjoava itsenäinen aggregaattori BSP-IA. Erottelu perustuu EU:n antamiin sähköjärjestelmän tasehallintaa koskeviin suuntaviivoihin. Jos yritys suunnittelee aggregointipalvelujen tarjoamista eikä halua toimia asiakkaidensa tasevastaavana, olisi tämän rooli tasepalveluita tarjoava itsenäinen aggregaattori BSP-IA. Tasepalveluita tarjoavan itsenäisen aggregaattorin rooli rajaa pois mahdollisuuden osallistua niille sähkön markkinapaikoille, joissa tarjouksen jättäjän tulee olla tarjoamansa kohteen tasevastaava. Tasepalveluita tarjoavan itsenäisen aggregaattorinkin toimet tulee kuitenkin pystyä erottelemaan kohteen tasevastaavan toimista, jotta vastuu tasepoikkeamista ja niiden kustannuksista säilyy niiden kulloisellakin aiheuttajalla. (NordREG 2020 14-15.)

6.3 Aggregointi reservimarkkinoille

Tällä hetkellä itsenäinen aggregointi on sallittu kaikilla reservituotteilla pois lukien mFFR (Fingrid n.d.d). Reserviresurssien aggregointiin liittyvät ehdot ja rajoitukset vaikuttavat olennaisesti prosessin suoraviivaisuuteen ja kustannuksiin. Reser-veissä on tuotekohtaisesti eroja, miten eri tasevastuiden resursseja on sallittua aggregoida ja yhdistää samaan tarjoukseen. Olemalla tarjoamiensa resurssien tasevastaava aggregaattorin ei tarvitsisi näistä ehdoista huolehtia. Ulkopuolisen

tasevastaavan hankkimisesta aiheutuisi kuitenkin kuluja, jotka vaikuttaisivat aggregaattorin toiminnan kannattavuuteen. Tarkempia tietoja näistä rajoituksista löytyy reservituotekohtaisesti Ehdot ja edellytykset toimittajalle -dokumentista Fingridin kotisivuilta. Itsenäisen aggregaattorin tulisikin tunnistaa eri reservituotteille soveltuvat resurssit ja koota oikeanlaiset resurssit yhdeksi reservikohteeksi. Reservikohteen tulisi olla mahdollisimman monta tuntia vuodesta tarjottavissa markkinoille ja minimitarjouskoon täytyä, vaikka osa resursseista ei olisikaan aina saatavilla. Tarjouksen tultua hyväksytyksi tulisi tarjotun kapasiteetin olla käytettävissä, vaikka osa resursseista ei olisikaan saatavilla tai seuraa sanktioita. Reservikohdetta voi tarjota eri reservituotteille, jos sen säätökyky riittää.

Yksinkertaisin tapa itsenäiseksi aggregaattoriksi ryhtymiseksi olisi hyödyntää teknistä joustopalvelun tarjoajaa, joka tarjoaisi kaupankäyntialustan ja ohjausteknologian resurssien hallinnoimiseksi ja kaupankäynnin toteuttamiseksi. Tällöin itsenäisen aggregaattorin vastuulle jäisi asiakkaiden hankkiminen ja palvelun hallinnointi päivittäisellä tasolla käyttäen teknisen joustopalvelun tarjoajan sovellusta. Liitteessä 2 on esitetty kannattavuuslaskelmien avulla arvioita miten paljon eri reservituotteilla voisi yhden megawatin joustokapasiteetilla ansaita.

7 AMR 2.0 -TEKNOLOGIA

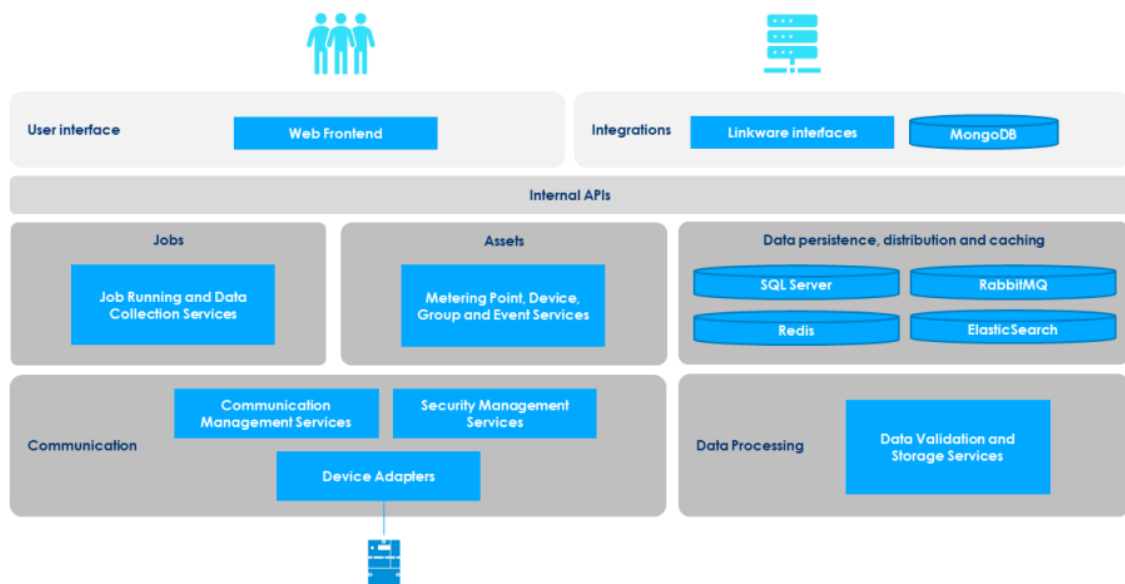
AMR 2.0 -teknologialla viitataan uuden sukupolven etämittauslaitteistoon, jolle on asetettu vaatimuksia valtioneuvoston asetuksessa sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. Asetuksen luvussa kuusi kirjatut vaatimukset koskevat verkohaltijan sähköverkossa olevaan sähkökäyttöpaikkaan asentamia sähkönmittauslaitteistoja, pienimuotoisen sähköntuotannon mittauslaitteistoja ja sähköverkon mittaustietoa käsitteleviä tietojärjestelmiä. Vaatimukset eivät koske kiinteistöjen takamittauksia, jotka ovat kiinteistön omistajan omiin mittaustarkoituksiin asennettuja. VENI:ssä on kuitenkin päädytty käyttämään laitteita, jotka täyttävät kyseiset vaatimukset, jotta mittaus- ja energianhallintapalvelu vastaisi ominaisuuksiltaan verkkoyhtiöiden asiakkailleen tarjoamaa ja edustaisi viimeisintä teknologiaa. (Valtioneuvoston asetus 767/2021.)

7.1 Valtioneuvoston asetuksen vaatimuksia ARM 2.0 -laitteille

Mittarin toiminnallisuuksien kannalta olennaisimpia ovat pykälässä 3 määritelty varttimittausvelvoite sekä viidennen pykälän kohdat kaksi ja kolme. Kohdassa kaksi määritellään mittauslaitteistolle vaatimus rekisteröidä taseselvitysajaksolta laskutuksen perusteena olevat pätö- ja loistehoenergiat sähköverkkoon syötetyn ja sähköverkosta otetun sähkön osalta netottamatta. Laskutuksen perustana olevien lukemien mittausresoluution vähimmäisvaatimus on siis taseselvitysajaksen pituus, joka on asetuksen velvoittamana muuttumassa 15 minuuttiin. Mittausresoluution merkitystä reservimarkkinoiden raportoinnissa tarkastellaan luvussa 8. Kohdassa kolme edellytetään muissa kuin jännitemuuntajamittauslaitteistossa olevat mittarit varustettavaksi yksisuuntaisella tiedonsiirtoajapinnalla, joka mahdollistaa yksisuuntaisen tiedonsiirron loppukäyttäjille. Luvun kuudennessa pykälässä on määritelty etämittauslaitteiston kuormanohjaustoiminnallisuus, jonka avulla mittauslaitteisto kykenee vastaanottamaan ja panemaan täytäntöön tai välittämään eteenpäin viestintäverkon kautta lähetettäviä kuormanohjauskomentoja. Jakeluverkohaltijan mittalaitteisto tulee varustaa kuormanohjausreleellä käyttöpaikoissa, joiden pääsulakekoko on 63 A tai alle. (Valtioneuvoston asetus 767/2021.)

7.2 Kuormanohjaustoiminnallisuus

Kuormanohjausreleellä voidaan helposti ohjata sen perään kytkettyjä kuormia, kuten sähkölämmitys tai lämminvesivaraaja. Kuormanohjausrelettä voidaan käyttää myös pelkkänä kärkitietona välittämään viestintäverkon kautta lähetetty kuormanohjauskomento koti- tai rakennusautomaatiojärjestelmään tai suoraan riittäväällä automaatiolla varustetulle sähkölaitteelle. Esimerkiksi Aidonin web-käyttöliittymässä kuormanohjausreleen tilaa voidaan vaihtaa perustuen aikatauluihin tai ad hoc -komentoihin. Aikataulutetuilla komennoilla on helposti toteutettavissa esimerkiksi perinteinen yö-/päiväohjaus, jollaista sähkölämmitteisissä taloissa on käytetty jo vuosia sitten. Ad hoc -komennoilla voidaan nimensä mukaisesti lähettää yksittäisiä komentoja ja määritellä niille aktivoitumishetki sekä aktivoitumisen kesto. Web-käyttöliittymän ohella Aidonin järjestelmää voidaan käyttää integraatorajapintojen kautta. Integraatioista vastaava osa Aidonin järjestelmäarkkitehtuuria (kuvio 26) on Linkware. (Aidon 2023a, 81 & 96.)



KUVIO 26. Linkware oikealla yläkulmassa (Aidon 2023b, 5).

Kuormanohjausreleen ohjausmahdollisuuden kuluttaja-asiakkaidenkin saataville on tarjonnut ainakin Elenia. Heidän AinaLab-palvelussaan asiakas voi asettaa releet kytkeytymään päälle haluamansa aikataulun mukaan tai pörssisähkön hal-

vimman spot-tuntihinnan perusteella. Spot-ohjaus on esimerkki toiminnallisuudesta, joka ei ole yleensä etälentalaitteistojen toimittajien järjestelmään sisäänrakennettuna. Ohjaukseen Ad hoc -komentojen lähettämiseksi spot-sähkön hintatiedon perusteella tarvitaan ulkopuolisesta järjestelmästä integraatorajapinnan kautta. (Elenia n.d.)

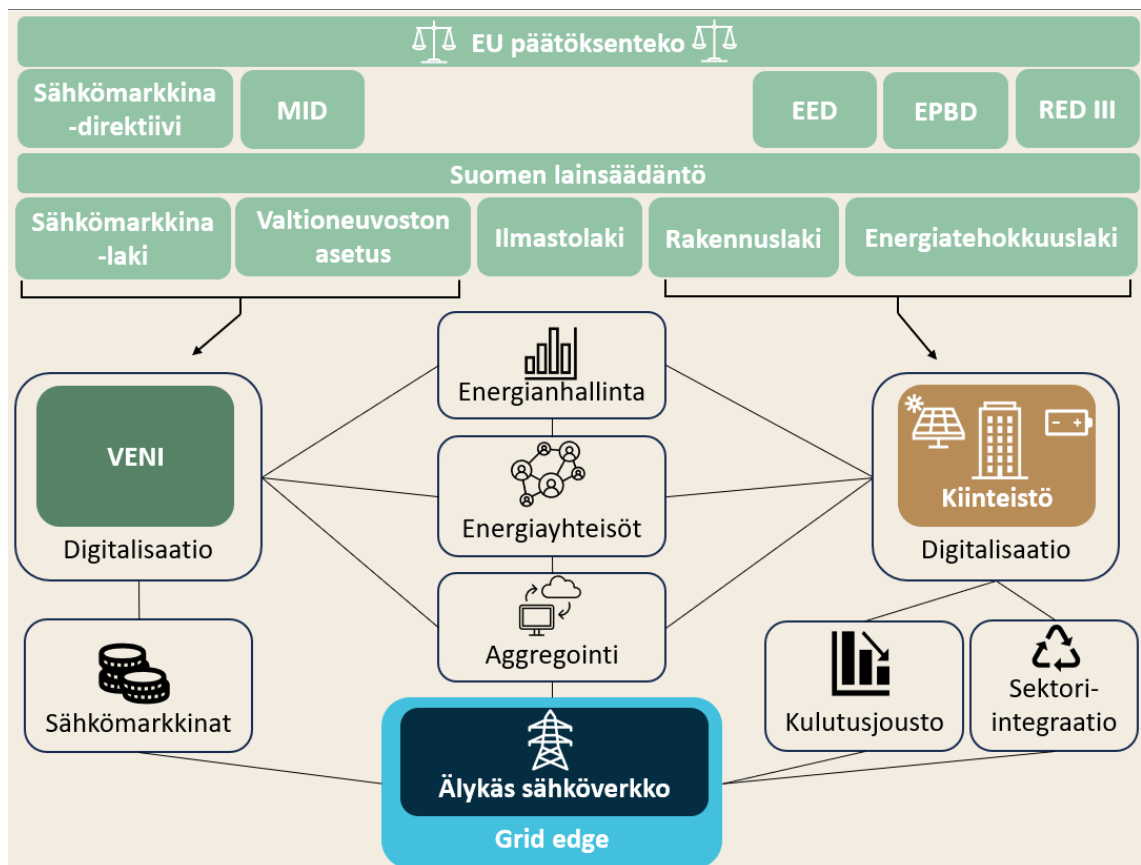
Työ- ja elinkeinoministeriön Älyverkko-työryhmä suosittelee, että kuormanohjausrajapinnat avattaisiin markkinatoimijoiden käyttöön sähkömarkkinalainsäädännöllä. Tällöin eri markkinatoimijat voisivat käyttää niitä vapaasti joustopalveluiden tuottamiseksi, eikä rajapintojen hyödyntäminen olisi pelkästään mittarit omistavan verkkoyhtiön yksinoikeus. Toteutuessaan kyseinen pykälä ei todennäköisesti koskettaisi VENI:ä, sillä se rajattaisiin luultavimmin koskemaan jakeluverkkoyhtiöiden mittareita. Erilaisten energianhallinta palveluntarjoajien näkökulmasta on kuitenkin hyödyllistä tietää, että tulevaisuudessa saatetaan mahdollistaa verkkoyhtiöiden käyttöpaikkojen kuormanohjausreleiden käyttö myös kolmansille osapuolille. (Pahkala ym. 2018, 13.)

7.3 Tiedonsiirtorajapinta, eli HAN-portti

Valtioneuvoston asetuksessa määritelty yksisuuntainen tiedonsiirtorajapinta tunnetaan nimellä HAN-portti, joka tulee sanoista Home Area Network. Tiedonsiirtorajapinnan vaatimuksina tarkennetaan, että siitä on saatava RJ12-liittimen välityksellä ASCII-merkkimuotoista tiedonsiirtotapaa noudattaen 10 sekunnin välein tai tiheämmin ainakin sähköverkosta otetun ja sähköverkkoon syötetyn sähkön virran, pätötehon, loistehon ja jännitteen tehollisarvot vaihekohtaisesti sekä mitauslaitteiston kumulatiivinen sähköenergialukema minuutin välein tai tiheämmin, kun verkonhaltija on aktivoinut rajapinnan loppukäyttäjän pyynnöstä (Valtioneuvoston asetus 767/2021). Nimensä mukaisesti HAN-portti on ennen kaikkea kotiautomaatioon ja kodin energiankulutuksen tarkkailuun liitettäväksi soveltuva rajapinta. Portin kautta tarjotun tiedon lukeminen vaatii siihen soveltuvan erillisen laitteen ja niitä onkin markkinoille jonkin verran jo ilmaantunut muun muassa sähköautonlatauksen kuormanhallintaan ja kodin energiankulutuksen seurantaan.

8 ENERGIAMURROKSEN MAHDOLLISUUDET JA VAIKUTUKSET TOIMINTAYMPÄRISTÖÖN – CASE VENI ENERGIA OY

Luvussa vedetään yhteen työn tuloksia ja vastataan tutkimuskysymyksiin. Esiteytyt vastaukset ja pohdinnat edustavat ainoastaan tekijän omaa tämän työn pohjalta kehittyntä ajattelua, vaikka niitä osin esitetään VENI:n näkökulmalla kuten oli työn tavoite. Aloitetaan kuviolla 27, jonka on tarkoitus vetää yhteen VENI:n toimintaympäristöä energiamurroksessa. Kuvaan on koottu työssä tunnistetut VENI:n näkökulmasta olennaisimmat tekijät. Kaiken yllä on poliittisen tason päätöksenteko, joka ohjaa sekä VENI:n toimintaa palveluntarjoajana, että VENI:n asiakkaita heidän omistamiensa kiinteistöjen kautta. Kolmanneksi osapuoleksi on nostettu älykäs sähköverkko, joka palvelualustana on yhdistävä tekijä ja osin myös fyysinen yhteys eri toimijoiden välillä. Toimijoiden välillä on eri teknologioita ja palveluita, joiden kautta ne voivat löytää toisiaan hyödyttäviä yhteyksiä. Digitalisaatio näyttäytyy nämä yhteydet mahdollistavana kerroksena. Viivoilla kuvatut toimijoiden väliset yhteydet voivat olla todellisuudessa paljon monimuotoisempia, mutta kuvaan on pyritty valitsemaan ilmeisimmät.



KUVIO 27. Energiämurroksen elementtejä VENI:n toimintaympäristössä.

8.1 AMR 2.0 -mittarilla toteutettavat energianhallintatoiminnot

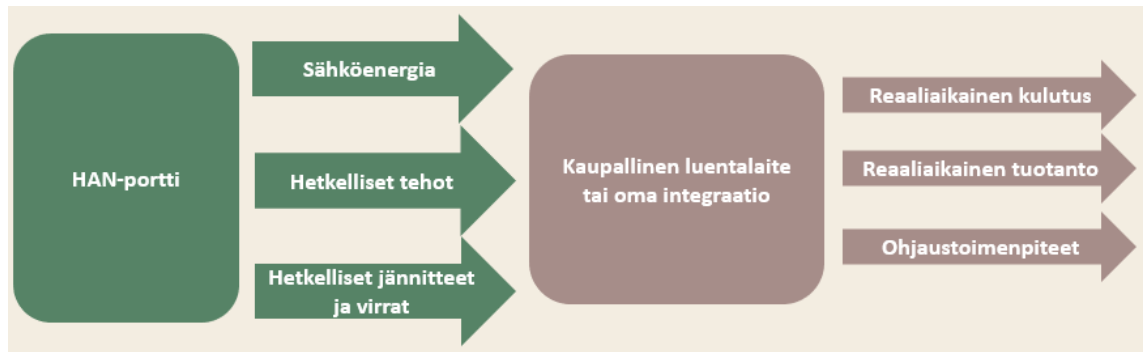
Ensimmäinen tutkimuskysymys oli ”Millaisia kiinteistön energianhallintaan liittyviä toiminallisuuksia nykyisellä AMR 2.0 -mittariteknologialla on toteutettavissa?” Luonnollisesti mittari pystyy toimimaan kiinteistön tai energiayhteisön energiankulutuksen seurannan ja laskutuksen perustana, mutta tarkoitus oli tutkia mittarin muitakin toiminnallisuuksia. Kuormanohjausreleen kautta voisi tarjota asiakkaille kuormien ohjaustietoa aikatauluihin tai monimutkaisempiinkin ohjauksiin perustuen. HAN-portin tarkoitus taas on olla vapaasti käytettävissä oleva rajapinta asiakkaiden suuntaan lähes reaaliaikaisen tiedon tarjoamiseksi sähkön käyttäjille. Sen kautta ei siis välitetä suoria ohjaukskäskyjä.

8.1.1 AMR 2.0 palvelualustana

Mittareita ja etäluentajärjestelmää voidaan ajatella teknologia-alustana, joka mahdollistaa mittaus- ja laskutuspalvelun pyörittämisen, mutta jonka VENI myös tarjoaa palveluna asiakkailleen. Tähän ajatteluun voisi soveltua kuormanohjaus-toiminnallisuuksien ja HAN-rajapinnan tarjoaminen palvelun osana. Tämä toisi kiinteistön sisäisen palvelun ominaisuuksiltaan vastaavammaksi verkkoyhtiön tarjoaman kanssa ja lisäisi palvelun kokonaisvaltaisuutta energianhallinnassa. Eryityisesti HAN-rajapinnan avaaminen ei aiheuta käytännössä juurikaan vaivaa tai kustannuksia, mutta saattaa olla loppukäyttäjälle mieluisa lisä tuomaan näky-mää omaan energian kulutukseensa.

HAN-rajapintaan voi suhtautua matalan kynnyksen integraation toteuttamisen vä-lineenä, sillä sen tietojen lukeminen ei vaadi palveluntarjoajan puolelta minkään-laista taloudellista tai ohjelmistokehitykseen panostamista. Tietoja hyödyntävä taho voi omalla kustannuksellaan toteuttaa haluamansa luentalaitteiston tai ostaa sellaisen valmiina markkinoilta. Halutessaan palveluntarjoaja voisi tarjota markkinoilla olevia HAN-portin luentalaitteita asiakkailleen osana palvelua tai kehittää omansa. Asentamalla oman takamittarin kiinteistön omalle tuotannolle, saataisiin kyseisen mittarin HAN-portista tieto kulloinkin käytettävissä olevan aurinkosäh-kön määrästä. Reaaliaikaista tuotantotietoa voidaan asiakkaan tarpeen mukaan esimerkiksi visualisoida näkyville tai käyttää kuormanohjauksen perusteena

oman tuotannon kulutuksen optimoimiseksi. Kiinteistön omistaja voisi myös tarjota rajapinnan kautta näkymän vuokralaisilleen heidän tilojensa sähkötehon käyttäytymiseen lähes reaaliajassa, mikä saattaisi kannustaa tehopiikkien hillitsemiseen. HAN-portin kautta tarjottava näkymä olisi paikallisesti luettuna reaaliaikaisempi, kuin etäluentaan perustuva, jossa lukemat ovat tarjolla vuorokauden viiveellä. HAN-portin hyödyntämismahdollisuuksia on esitetty kuviossa 28.



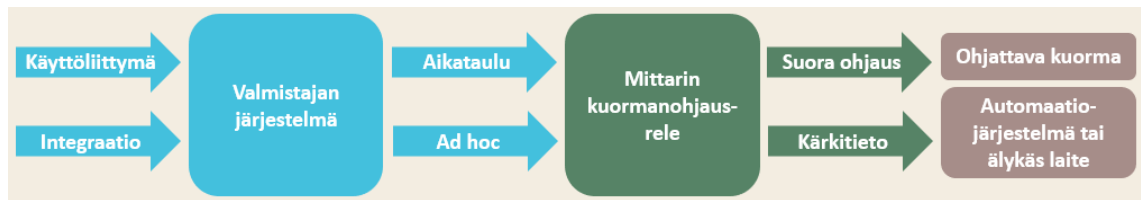
KUVIO 28. HAN-portin toiminnallisuuksien hyödyntämismahdollisuuksia.

Kiinteistöissä on paljon teollisia toimijoita, joiden rakennukset ja prosessit ovat kokonaisuudessaan hyvin automatisoituja. Näissä tapauksissa tarvittavat ohjaukset ovat mahdollista toteuttaa suoraan heidän automaatiojärjestelmissään. Mikäli kiinteistössä kuitenkin on palveluntarjoajan takamittareita, voitaisiin niitä integroida osaksi automaatiojärjestelmää tuottamaan esimerkiksi lähes reaaliaikaista pätö- ja loistehomittausta tai jännite- ja virtatietoja. Takamittarien HAN-porttien kautta tieto saataisiin lähempää kulutuskohdetta ja kiinteistön tehojen jakautumisesta tarkempi näkymä, kuin verkkoyhtiön päämittarin tasolta kerätyistä tiedoista.

Jo nykyisellään voisi takamittareilla tukea loppukäyttäjiä kulutusjoustop ohjauksissa kuormanohjausreleen kautta välitettävällä ohjaustiedolla. Kuormanohjausreleen välityksellä kiinteistön omistaja pystyisi edullisella tavalla tarjoamaan liiketilan toimijalle ohjaustiedon, jota voisi hyödyntää esimerkiksi ajoittamaan liiketilan kulutusta yön tunneille. Vaihtoehtoisesti voitaisiin toteuttaa jonkinlainen porrastus eri takamittareiden välille, joka mahdollistaisi kulutuksen hajauttamista tasaisesti vuorokauden tunneille tasaten huipputehoa. Edellä mainitut ratkaisut tulisivat kyseeseen kiinteistöissä, joissa liiketilojen sähköt eivät ole kovinkaan tiiviisti tai olenkaan kytköksissä kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmällä toteutettaviin

optimointeihin. Kuormanohjaustoiminnallisuudelle voisikin olla kysyntää kiinteistöissä, jossa omistaja haluaa valjastaa vuokralaistensa kulutuksia osaksi huipputehon hallintaa. Tämä voisi tulla kyseeseen takamittaroiduissa kiinteistöissä, joissa koko kiinteistön huipputehomaksu kohdistuu päämittaukseen.

Monipuolisemmat ohjaukset vaatisivat järjestelmäintegraatiota, jossa ohjauspäätöksiä tekevä äly sijaitsisi esimerkiksi palveluntarjoajan järjestelmässä tai kiinteistön rakennusautomaatiojärjestelmässä. Ulkopuolisesta järjestelmästä ohjaustieto siirtyisi integraatorajapinnan kautta etäluentalaitteen toimittajan järjestelmään. Tällöin voitaisiin kuormanohjausreleille välittää käskyjä esimerkiksi sähkön hintaan perustuen, kuten Elenian toteuttamassa AinaLab-palvelussa. Kuormanohjaustiedon toimittamista on kuvattu alla kuviossa 29.



KUVIO 29. Kuormanohjaustiedon toimitusketju.

8.1.2 AMR 2.0 -mittarin käytettävyys aggregoinnin tarpeisiin

Kuten luvussa 5.2 todettiin, vaatii suurin osa itsenäisille aggregaattoreille sallituista reservituotteista paikallisen ohjauksen taajuuden perusteella. Ainoastaan aFFR-markkinalla ohjaus perustuu Fingridin lähettämään ohjaussignaaliin. Taajuusmittausta ei ole edellytetty osaksi mittalaitteiden AMR 2.0 vaatimuksia valtioneuvoston asetuksessa eikä valmistajilta voida sitä edellyttää. Lisäksi reservitoimittajaa edellytetään raportoimaan Fingridille noudattaen reservikaupankäynti ja tiedonvaihto -ohjetta, jossa joustokohteesta mitattujen historiatietojen tallennusväliksi vaaditaan FCR:llä yksi sekunti ja FFR:llä 0,1 sekuntia. Fingridille raportointia tukevan mittarin mittausresoluutio tulee siis olla merkittävästi korkeampi, mitä edellytetään valtioneuvoston asetuksessa. HAN-portilta edellytetty vähintään kymmenen sekunnin välein saatava tarkkuus ei sekään ole riittävä. (Fingrid 2023c, 79.)

Itsenäiselle aggregaattorille sallituista reservituotteista aFFR olisi ainoa, jolle AMR-mittarin ominaisuudet olisivat riittävät ohjauksen toteuttamiseksi. Fingrid edellyttää, että Automaattisen taajuuden palautusreservin ylläpitoon osallistuvan reservikohteen tulee aktivoida reservikapasiteetti kokonaisuudessaan 5 minuutin kuluessa aktivointisignaalin lähetyksestä. Aktivointi tulee aloittaa viimeistään 30 sekunnin kuluessa aktivointisignaalin lähetyksestä. Järventaustan ym. (2018) mukaan kuormanohjausreleen käytettävyydessä reservimarkkinoille ratkaisevaksi tulee ohjauksikäskyn perille toimituksen nopeus. Työryhmän raportin mukaan ohjauksikäsky saadaan menemään perille 10 sekunnin kuluessa noin 90%:ssa tapauksista, kun mittareiden määrä on 10000. (Järventausta ym. 2018; Fingrid 2022, 4.)

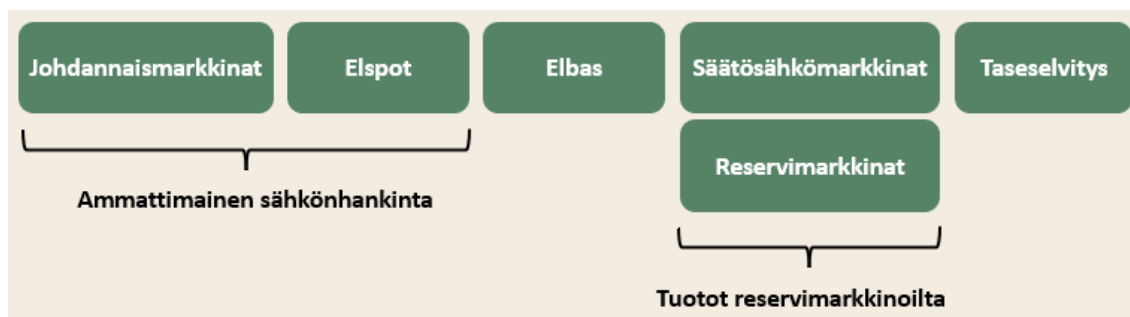
aFFR-kohteidenkin osalta Fingrid edellyttää raportointia ja vaadittavat tiedot ovat koottuna Reservien tiedonvaihto –signaalilistassa. Listassa aFFR-raportoinnin tietojen päivityssykliksi määritellään enintään 10 sekuntia, mikä on jo aiemmin todettu AMR 2.0 -teknologian mittausresoluutiota tiheämmäksi ja näin ollen hankalaksi toteuttaa kyseisen teknologian mukaisilla mittareilla. Myöskään HAN-portin kautta toteutus ei tule kyseeseen, sillä listassa on määritelty jopa 4 sekunnin päivityssykli osalle tiedoista. Voidaan siis todeta, että aFFR-kohteiden ohjaus olisi todennäköisesti teknisesti toteutettavissa AMR 2.0 mittarin kautta, mutta reaaliaikaisen raportoinnin toteuttamiseksi tulisi kohteeseen asentaa rinnalle toinen mittari, joka kykenee tarkempaan mittausresoluutioon. (Reservien tiedonvaihto -signaalilista 2023.)

Yhteenvetona AMR 2.0 -mittari ei riitä täyttämään raportoinnin velvoitteita Fingridin suuntaan minkään itsenäiselle aggregaattorille sallitun reservituotteen osalta. Ohjauskyvykkyytensä puolesta se on riittävä ainoastaan aFFR-reservikohteille, eikä siis olisi kovinkaan optimaalinen teknologia-alusta itsenäiselle aggregaattorille. Näin ollen helpointa olisi käyttää joustopalvelun tarjoajia, jotka tarjoaisivat soveltuvat mittarit osana palveluansa ohjausten ja raportoinnin toteuttamiseksi tai hankkia erilliset aggregoinnin käyttöön soveltuvat mittarit.

8.2 Itsenäisenä aggregaattorina toimiminen

Itsenäisenä aggregaattorina toimimiseen VENI:llä on hyvät edellytykset, sillä sähkönhankinnan asiakaspohja on todella laaja ja monialainen. Liiketoiminnan potentiaalin hahmottamisessa haasteena palveluntarjoajille on usein huono näkyvyys siihen millaisia resursseja kullakin asiakkaalla olisi tarjolla aggregoitavaksi. Tuo tieto ei käy ilmi vuosikulutuksesta, vaan sen selvitys vaatii yhteistyötä asiakkaan kanssa. Aggregoijan tulee löytää oikeanlaisia resursseja oikea määrä samaan reservikohteeseen hyötyjen maksimoimiseksi. Ongelman ratkaisemista helpottaa, jos palvelusta ja sen tuomista mahdollisuuksista onnistutaan viestimään asiakkaiden suuntaan herättäen heidän kiinnostuksensa aktiivisesti edistää toteutusta. Lisäksi kokemukset aggregoinnista varmasti lisäävät ajan myötä ymmärrystä asiakkaiden potentiaalin tunnistamisessa ja oikeanlaisten asiakaspoolien eli reservikohteiden muodostamisessa.

Liitteen 2 laskelmista käy ilmi, että volyyymia tulisi olla kohtalaisen paljon ennen kuin aggregointi itsenäisenä liiketoimintana alkaa olemaan merkittävän suuruista huomioiden siitä koituvat kulut. Itsenäisen aggregaattorin rooli saattaisikin olla toimivin yrityksille, jotka muutenkin palvelevat asiakkaitaan energian parissa ja haluavat sisällyttää sen osaksi palveluitaan. Itsenäisenä aggregaattorina toimimisella saattaisi olla myös brändivaikutusta luomaan mielikuvaa edelläkävijäyrityksestä. VENI:n tapauksessa olisi mahdollisuus toimia kiinteistöille ja energia-yhteisöille kokonaisvaltaisena energiakumppanina tarjoten kilpailutetun ja suojatun sähköenergian hinnan, mittaus- ja laskutuspalvelun raportointityökaluineen sekä lisäansainnan reservimarkkinoilta. Aggregointi mahdollistaa kiinteistöille konkreettisen vaikuttamiskeinon vihreän siirtymän edistämiseen ja sähkön hinnan vaihtelujen hillintään sekä pääsyn markkinapaikalle, joka muuten olisi pienten asiakkaiden saavuttamattomissa. Kuviolla 30 kuvataan sähkön markkinapaikkoja, joista hyötymisen VENI mahdollistaisi asiakkailleen, jos se ryhtyisi itsenäiseksi aggregaattoriksi.



KUVIO 30. VENI pystyisi tarjoamaan asiakkailleen pääsyn olennaisille sähkön markkinapaikoille.

Aggregointitoiminnan kannalta kiinnostavaa on suunnitelmat jouston hyödyntämisestä myös jakeluverkkotasolla. Tämä toisi resurssien omistajille uuden tahon, jolla on tarvetta samoille resursseille kuin kantaverkkoyhtiöllä. Lähtökohtaisesti kysynnän lisääntymisen pitäisi lisätä tuottoja, mikäli tarjonta ei kasva vastaavasti. Sähköjärjestelmän kuitenkin on toimittava joka sekunti saumattomasti luotettavana kokonaisuutena. Luultavasti tulisikin olemaan jonkinlaista ohjausta sääntelyllä, jotta voidaan taata resurssien riittävyys ja määritellä periaatteet niiden jakamisesta eri tahojen tarkoituksiin. Ajan mittaan voisi kuvitella sallittavan myös aggregaattoreille ja energiayhteisöjen palveluntarjoajille pääsy Datahubiin ja virallisiksi sähkömarkkinaosapuoliksi, jotta palvelut voidaan toteuttaa saumattomasti.

8.3 Energiayhteisöjen mittaus- ja energianhallintapalvelu

Toinen tutkimuskysymys oli ”Miten hyvin uudet energiayhteisö- ja aggregointiratkaisut soveltuvat VENI:n kaltaiselle palveluntarjoajalle?” Energiayhteisöt näyttäsivät olevan vihreää siirtymää tukeva ratkaisu, johon poliittisessa päätöksenteossa on vahvaa ohjausta, vaikka tarkemmassa sääntelyssä onkin vielä tekemistä. Energiayhteisön on ajateltu olevan toteutusmalli, jossa pienestä isoon kaikki voivat osallistua vihreää siirtymää edistämiseen ja hyötyä yhteisön tuomista eduista. Ratkaisevaa niiden yleistymisen kannalta vaikuttaisi olevan miten niistä tiedotamalla ja sääntelyä kehittämällä saadaan lisättyä kysyntää energiayhteisöjä ja niihin liittyviä palveluita sekä palveluntarjoajia kohtaan. Energiayhteisöjen ollessa direktiiveihin ja lakeihin kirjattu ratkaisu, voisi ajatella olevan luvassa jopa tukijär-

jestelmiä, mikäli niiden edistyminen ei tapahdu toivotulla vauhdilla markkinaehtoisesti. Energiayhteisöt voivatkin olla aivan uusi kohderyhmä tai liiketoiminta-alue monelle perinteiselle ja täysin uudelle toimijalle.

Energiayhteisöjen sääntelyssä ainoastaan paikallinen hyvityslaskentamalliin perustuva energiayhteisö on rajoitettu jakeluverkkoyhtiön toteuttamaksi palveluksi eikä siinä ole ulkopuolisella palveluntarjoajalla roolia. VENI:llä on potentiaalia olla jopa edelläkävijä, mikäli energiayhteisöjen kehitys etenee suotuisasti ja hankkeiden kehittäjien tietoisuutta VENI:n pitkästä kokemuksesta ja valmiista järjestelmistä saadaan lisättyä. VENI:lle voisikin olla erityisen hyödyllistä verkostoitua energiayhteisöjä kehittävien toimijoiden kanssa tai päästä jopa osapuoleksi työryhmiin, jotka edistävät energiayhteisöjen kehitystä.

8.3.1 Kiinteistön sisäisille takamittaroiduille energiayhteisöille

Kiinteistön sisäinen takamittaroitu energiayhteisö ei VENI:n näkökulmasta eroa nykyisen mittaus- ja energianhallintapalvelun toteutuksesta, joka esitettiin johdannossa. VENI tosin keskittyy palvelussaan pelkästään yritysasiakkuuksiin. Oman tuotannon sisällyttäminen osaksi palvelua onnistuu lisäämällä VENI:n etäluentajärjestelmään liitetty mittari omalle tuotannolle, jolloin tuotanto voidaan hyvittää millaisessa suhteessa tahansa takamittareille. Oman tuotannon arvonnjakomalli olisi energiayhteisön tapauksessa kuitenkin erilainen, kuin VENI:n nykyisten asiakkaiden kiinteistöissä, joissa kiinteistön omistaja todennäköisesti on maksanut koko investoinnin. Näissä tapauksissa tuotannon säästöt tulee VENI:n palvelulla ohjata täysimääräisesti hyödyttämään kiinteistön omistajaa, ellei omistaja halua jakaa hyötyä tai sisäisesti sovituin periaattein myydä tuotantoa vuokralaisilleen. Energiayhteisössä puolestaan hyötyä on tarkoitus tuottaa jokaiselle yhteisön jäsenelle ja jokainen jäsen todennäköisesti osallistuu myös yhteisten resurssien investointeihin, olivatpa ne sitten tuotantoa, varastointia tai ohjausjärjestelmiä. Takamittaroidussa mallissa koko prosessi ja laitteisto on kiinteistön tai energiayhteisön vastuulla. Se mahdollistaa kaikista laajimmat, joustavimmat ja innovatiivisimmat tavat toteuttaa palveluita ja jakaa hyötyjä kaikkia osapuolia hyödyttävillä tavoilla

8.3.2 Hajautetuille energiayhteisöille

Virtuaaliset energiayhteisöt perustuvat maantieteellisesti hajautettujen jäsenten väliseen hyvityslaskentaan, jossa mittaukset ovat verkkoyhtiön, mutta hyvityslaskennan voi tehdä kuka vain. Virtuaaliselle energiayhteisölle ulkopuolinen palveluntarjoaja voisi ottaa valtakirjoilla hoidettavakseen hyvityslaskennan toteuttamisen perustuen Datahubista saatavilla olevaan mittausdataan eikä sille ole laillisia esteitä. Palvelu olisi hyvin samanlainen, kuin takamittaroidun kiinteistön sisällä, mutta käsiteltävät mittarit vain olisivat paikallisten jakeluverkkoyhtiöiden käyttöpaikkoja maantieteellisesti erillään toisistaan. Kilpailuakaan ei tämän hetken tiedon mukaan olisi, sillä jakeluverkkoyhtiöt toteuttavat hyvityslaskentaansa toistaiseksi ainoastaan kiinteistön sisäisissä energiayhteisöissä. Virtuaalisia energiayhteisöjä ei liene juurikaan toteutettu, koska sopivaa toimijaa ei markkinoilta löydy niiden arvonjaosta huolehtimaan. Voisi kuvitella, ettei esimerkiksi sähkön myyjällä tai jakeluverkkoyhtiöllä ole kovin suurta intressiä tarjota virtuaalisen energiayhteisön hyvityslaskentaa kuin omille asiakkailleen. Kolmas osapuoli voisi tarjota palveluaan välittämättä kenen sähkön myyjän tai jakeluverkkoyhtiön asiakas yhteisön jäsen on.

Yhteistyökumppanuuden kehittäminen esimerkiksi aurinko- ja tuulivoimaloiden kehittäjien ja rakentajien kanssa voisi avata molemmille yrityksille mahdollisuuksia hyötyä virtuaalisista energiayhteisöistä. Rakentajat voisivat saada tilauksia suuremmista voimaloista, kun palveluntarjoajan hyvityslaskentapalvelu mahdollistaisi kenelle tahansa osuuden energiayhteisöstä ja voimalan tuotannosta. Samoin sähkö- tai lämpöenergiavarastoja voitaisiin rakentaa keskitetympin ja suuremmassa kokoluokassa soveltuville paikoille, jos yhteisön jäsenet voisivat kaikki tasapuolisesti osallistua investointiin ja varaston tuottamat taloudelliset hyödyt esimerkiksi reservimarkkinoilta voitaisiin heille kohdistaa.

8.3.3 Kiinteistörajat ylittävälle energiayhteisöille

Kiinteistörajat ylittävälle, eli erillisellä linjalla tai suljetun jakeluverkkoluvan avulla toteutetuille energiayhteisöille palveluntarjoaja voisi hoitaa samoja toimintoja,

kuin aiemmin mainituillekin. Suljetun jakeluverkkoluvan avulla toimiva olisi periaatteeltaan samanlainen, kuin kiinteistön sisäinen takamittaroitu energiayhteisö. Erilliseen linjaan perustuvissa energiayhteisöissä saattaisi tulla vastaan useampia erilaisia toteutuksia. Kiinteistö, jolla on omaa tuotanto liitettynä erillisellä linjalla, saattaisi itsessään kuulua virtuaaliseen energiayhteisöön tai muodostaa jommankumman kiinteistön sisäisistä energiayhteisömalleista.

8.3.4 Energiayhteisöjen kokonaisvaltaiset palvelut ja arvovirrat

Pelkän mittauksen ja energiakustannusten hallinnoinnin lisäksi on jokaisen energiayhteisön kohdalla ratkaistava energiayhteisön yleinen hallinnointi. Taloyhtiöön perustettavissa energiayhteisöissä luonnollisimmin vastuu siirtyisi kenties isännöitsijälle, mutta saattaisi olla merkittävä etu, jos yksi palveluntarjoaja pystyisi mahdollistamaan koko energiayhteisökokonaisuuden avaimet käteen. Palveluun voisi sisältyä kaikkien energiamuotojen hankinnasta, mittauksesta ja laskutuksesta huolehtiminen sekä näihin toimintoihin liittyvien laitteistojen ylläpito. Jos energiayhteisöllä on mikroverkon kaltaisia ominaisuuksia tai sen energiajärjestelmä on sektori-integroitu, niin eri energiavirtojen ja niiden kustannusten hallinnointi korostuu entisestään. Energiaa saattaa tulla järjestelmään sähkö- ja kaukolämpöverkoista sekä omasta tuotannosta ja sitä voidaan käyttää eri ajankohdina eri osissa järjestelmää varastoinnin ja energianmuunnosten avulla. Esimerkiksi järjestelmään verkosta ostettu sähkö saatetaan lämpövaraston kautta muuntaa myöhempänä ajankohtana jaeltavaksi lämmöksi, jonka hinta näin ollen on eri, kuin suoraan kaukolämpöverkosta ostetun lämpöenergian. Oikeudenmukaisten ja läpinäkyvien periaatteiden luominen kulujen kohdistamiseksi korostuu tällaisessa monimutkaisessa järjestelmässä. Rakentamalla kumppaniverkosta voisi palveluntarjoaja vastata myös energiayhteisön valitsemien tuotanto- ja varastointilaitteistojen tilaamisesta järjestelmiä toimittavilta kumppaniyrityksiltään.

Mikäli yhteisön keskinäiset sopimukset eivät sitä estäisi, voisi yksittäinen yhteisön jäsen hankkia esimerkiksi oman pientuotantolaitteiston tai sähkövaraston omakustanteisesti. Jos jäsen haluaisi kyseisen resurssin sähköä myydä suoraan toiselle energiayhteisön jäsenelle, tulisi yhteisöllä olla jonkinlainen sopimus tällaisen sisäisen kaupankäynnin periaatteista. Energiayhteisön mittausta ja laskutusta

hoitava palveluntarjoaja voisi toimia kaupankäynnin toteuttajana hoitaen kahden jäsenen väliseen myyntisopimukseen liittyvän rahaliikenteen kuukausittaisen sähkölaskutuksena yhteydessä. Jäsenten väliset kaupat voitaisiin kirjata jonkinlaiseen yhteiseen järjestelmään. Järjestelmä voisi olla esimerkiksi palveluntarjoajan sovellusalusta, jossa sisäinen kaupankäynti olisi vain yksi toiminnallisuus raportointityökalujen ynnä muiden ohessa. Kyky toteuttaa joustavasti tällaisia luovempia ratkaisuja saattaisi olla ulkopuolisille palveluntarjoajille paras mahdollisuus turvata oma markkinaosuutensa energiayhteisöjen toteutuksissa. Alla taulukossa 1 on ProCemPlus-työryhmän (2021) hahmottelemia energiayhteisöihin liittyviä funktioita sekä viereisessä sarakkeessa lyhyt analyysi mahdollisuuksista palveluntarjoajalle.

TAULUKKO 1. VENI:n mahdollisuudet tarjota energiayhteisöille palveluja.

Energiayhteisön toiminto	Mahdollisuudet VENI palveluntarjoamalle
Sähkön hankinnan optimointi	VENI mahdollistaisi hankintapalveluillaan riskihallitun ammattimaisen sähkönhankinnan sekä volyymin tuomat edut energiayhteisön jäsenille.
Yhteisömisteisen tuotannon myyminen markkinoille tai PPA-sopimuksella	Edellyttää tasevastaavuutta. Teoriassa olisi mahdollista, että PPA-sopimusta käytettäisiin sähkönhankinnan hintasuojauksessa.
Muulla olevan tuotannon omakulutus	Kulutuksen ja tuotannon käsittely ja hyvityslaskenta onnistuvat myös virtuaalisille energiayhteisöille.
Hinta-arbitraasi	Sähköenergian oston spot-optimointi erillisen palvelualueen välityksellä olisi mahdollista.
Omatuotannon kulutuksen optimointi	Oman tuotannon kulutusta paikallisesti kiinteistössä voidaan optimoida hyvityslaskennan avulla. Joustavasti sovitava hyvitysmalli on mahdollinen.
Jousto energiamarkkinoille	VENI voisi aggregoida energiayhteisön jäsenten resursseja reservimarkkinoille erillisen palvelualueen välityksellä.
Huipputehon hallinta	VENI voisi auttaa huipputehon hallinnassa tarjoamalla HAN-rajapinnan kautta näkymän reaaliaikaiseen tehotietoon tai toteuttamalla ohjauksia kuormanohjausreleiden kautta.
Käyttövarmuuden parantaminen	Varavoimajärjestelmien operointi
Jousto jakeluverkkoyhtiöille	VENI voisi ohjata energiayhteisön resursseja erillisen palvelualueen kautta, mikäli jakeluverkkoyhtiöt tulevat osalliseksi joustoja välittävälle markkinapaikalle.

Sektori-integraation funktiot

VENI voi hoitaa myös energiayhteisön lämmön ja veden mittauksen sekä laskutuksen. Kaikkien energiankantajien ja energiavirtojen mittaaminen voi auttaa hyötyjen ja kulujen allokoinnissa, jos energiayhteisö on laajalti sektori-integroinut.

8.4 Energianhallinta tulevaisuuden kiinteistöjohtamisessa

Kolmas tutkimuskysymys oli ”Millaisin ominaisuuksin VENI:n mittaus- ja energianhallintapalvelu voisi vastata energiamurroksen aiheuttamiin asiakkaiden tarpeisiin nyt ja tulevaisuudessa?” Kysymykseen vastaamiseksi pyritään ensiksi muodostamaan kuva kiinteistön johtamiseen liittyvistä tulevaisuuden tarpeista. Näitä tarpeita yhdistellään työtä tehdessä kertyneeseen tietoon sääntelyn ja teknologioiden kehittymisestä. Yhdistetyn tiedon pohjalta pyritään tunnistamaan yksittäisiä kehityskulkuja ja arvioimaan millaisia edellytyksiä ne tuovat palveluntarjoajalle.

8.4.1 Tulevaisuuden kiinteistön johtamiseen vaikuttavia tekijöitä

Tulevaisuuden tarpeiden hahmottamiseksi täytyi keksiä tapa muodostaa riittävä käsitys ilman laajempaa kyselytutkimusta tai asiantuntijahaastatteluja. Kiinteistöjohtamiseen vaikuttavan kehityksen hahmottamiseksi esitettiin aluksi tekoäylle seuraavat kysymykset:

- Millaisia trendejä on näkyvillä tulevaisuuden kiinteistöjohtamisessa?
- Millaisia prosesseja tulevaisuuden kiinteistön johtajalla on energiaan liittyen?
- Miten proptech näkyy tulevaisuuden kiinteistöjohtamisessa?

Tekoälyn antamia vastauksia vertailtiin opinnäytetyöprosessin aikana eri lähteitä tutkiessa kertyneeseen sekä työelämän kokemuksen ja opintojen tuomaan tietoon. Lähtötietoja yhdistellen on koottu taulukon 2 listaus teemoista ja niihin liittyvistä mahdollisuuksista sekä edellytyksistä palveluntarjoajille. Lista on tekijän

oma vapaasti muodostettu näkemys aiheesta, eikä sille siis ole suoria lähdeviitteitä.

TAULUKKO 2. Kiinteistöjohtamisen tulevaisuuden teemoja.

Teema	Mahdollisuudet	Edellytykset
Vastuullisuus: <ul style="list-style-type: none"> Ympäristösertifiointit ja muut mittarit BREEAM, LEED, SRI Raportointitarpeet esim CSRD Vihreä siirtymä 	<ul style="list-style-type: none"> Mittausjärjestelmästä pisteet ympäristösertifiointeihin Päästölaskenta ja muut tarpeet osana raportointiportaaleja Aggregointi edistää energijärjestelmän vihreää siirtymää 	<ul style="list-style-type: none"> Päästölaskennan sisällyttäminen raportointiportaaleihin Palvelualusta itsenäisenä aggregaattorina toimimiseksi ja kannattavan liiketoimintamallin rakentaminen
Energiätehokkuus: <ul style="list-style-type: none"> Kirstyvät EU:n energiatehokkuustavoitteet Energiamurroksen teknologiset ratkaisut Energianhallintajärjestelmä 	<ul style="list-style-type: none"> Energiayhteisöjen palveluntarjoajana voidaan edistää uusiutuvan energian käyttöä Sektori-integroidun järjestelmän kaikki energiantakajat osana palvelua Energianhallintajärjestelmän tarjoaminen 	<ul style="list-style-type: none"> Energiayhteisöjen palvelumallin tuotteistaminen Joustavien hyvityslaskentamallien kehitys ISO-sertifioitujen energianhallintajärjestelmän kehitys
Tiedolla johtaminen: <ul style="list-style-type: none"> Reaaliaikainen näkymä Tieto kompleksista ja sen määrä kasvaa Data-analytiikka ja visualisointi 	<ul style="list-style-type: none"> Kaikkien energiantakajien mittausdata Reaaliaikainen data kaikista energiantakajista Analyysit ja toimenpide-ehdotukset 	<ul style="list-style-type: none"> Rajapinnat ja integraatiot Analyysityökalut portaaleissa ja energianhallintajärjestelmissä
Digitalisaatio & digitaaliset alustat: <ul style="list-style-type: none"> Reaaliaikaisuuden mahdollistaja Tekoäly analysoinnin, seurannan ja hallinnan tukena Kiinteistö osana älykästä sähköenergiajärjestelmää Energianhallinta ja kompleksisten järjestelmien optimointi Sovellukset ja palvelut 	<ul style="list-style-type: none"> Uusinta teknologiaa edustavat mittarit kiinteistöihin Tekoälyn hyödyntäminen Joustopalveluilla ja älykkäällä energianhallinnalla kiinteistöt osaksi älykästä sähköenergiajärjestelmää Digitaalisten palvelujen kehittäminen kiinteistön omistajan ja käyttäjien tarpeisiin Energiaan liittyvät sovellukset ja palvelualustat esimerkiksi energiyhteisön väliseen kaupankäyntiin 	<ul style="list-style-type: none"> Tekoälytyökalujen kehittäminen Asemoituminen muiden toimijoiden rinnalla ja integroitavuus osaksi erilaisia kokonaisuuksia Digitalisaation aste ja kyvykkyyt reagoida joustavasti asiakkaiden tarpeisiin sekä nopeaan kehitykseen
Älykkäiden tilojen kehitys: <ul style="list-style-type: none"> Reagointi käyttäjien tarpeisiin ja olosuhteisiin Käyttäjien ohjaaminen kestäviin valintoihin Analyysi käyttäjien tarpeista ja käyttäytymisestä 	<ul style="list-style-type: none"> Reaaliaikainen tieto energiankäytöstä visualisoitavaksi tilojen käyttäjille Analyysia ja toimenpide-ehdotuksia tilojen käyttäjille 	<ul style="list-style-type: none"> Tekoälyn ja digitalisaation tuominen palveluihin Riittävät rajapinnat, jotta energia saadaan osaksi kokonaisuutta
Asiakaskokemus: <ul style="list-style-type: none"> Laadukkaat & luotettavat prosessit Laajat digitaaliset palvelut Läpinäkyvyys vastuullisuudessa 	<ul style="list-style-type: none"> Automatisoidut ja standardit täyttävät prosessit sisältäen laitteet, laskutuksen ja asiakaspalvelun Auttaa asiakkaita toimimaan vastuullisesti 	<ul style="list-style-type: none"> Sertifioinnit esim. ISO-energianhallinta Vastuullisuudessa tukemisen tuominen näkyväksi lisäarvoksi asiakkaille
Väestönkehitys: <ul style="list-style-type: none"> Diginatiivin Z-sukupolven osuus lisääntyy työikäisissä, Y-työikäinen ja X poistumassa Hyvinvoinnin, vastuullisuuden ja ympäristöarvojen merkitys Työnantajyrityksen arvot 	<ul style="list-style-type: none"> Laajat digitaaliset palvelut esim. mobiilisovelluksina Tilojen käyttäjille työkalut vaikuttaa arvojensa mukaisesti Kiinteistön omistajille työkalut tarjota kestävät toimitilat 	<ul style="list-style-type: none"> Digitalisaation kehittäminen / kumppanuudet Kehityksen seuraaminen ja siihen reagointi

8.4.2 Tulevaisuuden kiinteistöjohtajan tarpeiden hahmottaminen

Innovaatioprosesseissa ja strategioiden luomisessa erilaiset skenaariotyökalut ovat käytetty menetelmä. Lappeenrannan teknillisen yliopiston ja Stanfordin yliopiston yhteistyön pohjalta syntynyt Playbook for Strategic Foresight and Innovation on käsikirja innovaatioiden synnyttämiseen ja niiden johtamiseen. Käsikirjassa Opportunity-vaiheen, eli tilaisuuden tunnistamisen yhdeksi työkaluksi on esitelty Futuretelling, jossa esitetään käyttäjän tarpeita lyhyessä tulevaisuuteen sijoittuvassa kuvitteellisessä kohtauksessa. Soveltaen tätä työkalua on seuraavassa lyhyessä kuvauksessa kuviteltu tulevaisuuden kiinteistöjohtajan tarpeita pyrkien sisällyttämään siihen taulukon 2 teemoja. Kuvauksessa on tarkoituksellisesti myös elementtejä, jotka eivät liity suoraan VENI:n nykyiseen palveluun mittauksen ja laskutuksen parissa. Näiden elementtien on tarkoitus synnyttää kehitysideoita ja visioita, miten VENI voisi kenties huomioida laajemmin Proptech-kehityskulkuja toiminnassaan. (Carleton, T., Cockayne, W. & Tahvainen, A. 2013, 116-117.)

Kiinteistöjohtaja KJ aloittaa työpäivänsä muuntautuvassa co-working tilassa, sillä tänään on luvassa tiimin sisäinen palaveri VR-laseja hyödyntäen, mutta myös yksi asiakastapaaminen kasvotusten. Tilaan on saanut varattua käyttöönsä molempiin tarvittavat laitteistot jo etukäteen. Aamukahvin ja uutisten lukemisen ohessa KJ vilkaisee johtamansa kiinteistön puhelinsovelluksesta läpi tekoälyn tekemän tuotantoennusteen kiinteistön omien aurinkopaneelien päivän tuotannosta. Tekoäly on myös koostanut aamuksi raportin, josta käy ilmi, että kiinteistö on akullaan ja lämpöenergiavarastollaan osallistunut viime yönä aktiivisesti sähköjärjestelmän tasapainottamiseen reservimarkkinoilla. Varastot ovat asentamisensa jälkeen yhdessä kiinteistön sähköverkkoa optimoivan mikroverkko-ohjaimen kanssa auttaneet säästämään mukavasti myös sähkön hinnassa leikkaamalla tehopiikkejä ja optimoimalla ostohetkiä spot-hinnan mukaan. Sovellus ehdottaa, että tänään olisi hyvä päivä tarjota kiinteistön katolla tuotettua aurinkosähköä sovelluksen markkina-alustalle vuokralaisten ostettavaksi paikallisesti tuotettuna vihreänä sähköinä. Vuokralaiset ovat antaneet positiivista palautetta palvelusta, joka mahdollistaa heille omien vastuullisuusstrategioidensa mukaisen toiminnan ja toiminnastaan viestimisen omille asiakkailleen.

Kiinteistö on saatu vihdoin täysin nollaenergiarakennukseksi EU:n perusparannusvelvoitteiden myötä ja se toimii aktiivisena osapuolena koko energijärjestelmässä. KJ on erityisen ylpeä kiinteistön saavuttamista pistemääristä ympäristösertifikaateissa ja sen arvonnoususta tehtyjen toimien seurauksena. Parhailaan on menossa yhteistyöhanke lähikorttelin teollisuustoimijoita yhteen kokoavan tahon kanssa energiayhteisön perustamisesta, jonka on tarkoitus olla seuraava iso edistysaskel kiinteistön elinkaaressa. Hanke tukee KJ:n edustaman yrityksen strategiaa olla edelläkävijä energiaan liittyvässä kehityksessä. Energiayhteisöön kumppaniksi lähtevän kiinteistön teollisuusprosesseista saadaan lämpöpumpuilla otettua hukkalämpöjä talteen myös KJ:n kiinteistön tarpeisiin ja KJ puolestaan tarjoaa lämpövarastonsa energiayhteisön käyttöön. Myös sähköenergiaan liittyvät tuotantoresurssit ja akku tuodaan osaksi energiayhteisöä. Kaikki resurssit integroidaan myös osaksi sähkö- ja kaukolämpöverkkoja, jotta kortteli kokonaisuudessaan pystyy tukemaan jakeluverkkoa.

Kuun vaihde pakollisine hallinnollisine rutiineineen lähestyy, mutta siitä huolimatta KJ voi keskittyä ydinliiketoimintaansa, kun esimerkiksi kaikki vuokriin ja energianlaskutukseen liittyvät prosessit pyörivät automatisoidusti. Pitkän kehitystyön vaatinut koko kiinteistön mobiilialusta on otettu ilolla vastaan, sillä sieltä löytyy jokaiselle vuokralaiselle sekä tietenkin kiinteistön omistajalle näkymä, jota pystyy muokkaamaan mieleiseksensä sekä koostamaan sinne haluamiaan tietoja näkyville esimerkiksi oman yrityksen raportoinnin tueksi. Erityisesti nuoremman sukupolven loppukäyttäjät ovat pitäneet sovelluksen tuomasta yhteisöllisyyden tunteesta ja arjen pelillistämisestä. Käyttäjät voivat osallistua kiinteistön sisäiseen peliin, jossa onnistuneilla toimilla yrityksen hiilijalanjäljen pienentämiseksi kerrytetään palkintoihin oikeuttavia pisteitä. Tekoäly ja koneoppiminen on mahdollistanut kiinteistön käyttäjille päivittäiset vinkit oman toiminnan tehostamiseksi ja energiansäästämiseksi, joita käyttäjät tuntuvat vähitellen omaksuman.

Kuukausittaiseen raportointivelvoitteeseen liittyy muun muassa KJ:n johtaman kiinteistön päästöjen raportointi. Päästölaskennan saa onneksi automatisoituna ja se siirtyy valmiisiin raportointi pohjiin, jotka KJ katsoo vain läpi ennen niiden välittämistä eteenpäin. Lopuksi KJ pyytää tekoälyltä analyysia tulevan kesän

energiankäytön optimoinnista sekä visualisointia suunnitteilla olevan jäähdytyksen uudistamisprojektin vaikutuksista kiinteistöön. Tekoäly visualisoi analyysinsä rakennuksen digitaalisen kaksosen avulla, jolloin vaikutukset ovat helposti nähtävissä ja käsitettävissä. Digitaalista kaksosta hyödyntäen pystytään myös nopeasti ennakoimaan ja tutkimaan erilaisten sääolosuhteiden vaikutusta kokonaisuuteen.

Edeltävän kuvauksen perusteella tulevaisuuden kiinteistöjohtajan tarpeisiin vastaamisen kenties tärkeimmäksi elementiksi voidaan nostaa integroitavuus. Eri laitteiden ja ohjelmistojen sekä niiden toimittajien määrä kasvaa vielä nykyisestään ja ne kaikki on pyrkimys yhdistää yhdeksi toimivaksi kokonaisuudeksi. Skenaario on kuitenkin kirjoitettu hyvin teknisestä näkökulmasta ja joku toinen saattaisi nostaa keskiöön jonkin aivan muun asian. Esimerkiksi asiakaslähtöisyys voisi olla palvelumuotoilun näkökulmasta kaiken keskiössä. Skenaarion kaltaista tulevaisuuden näkymää analysoidaan vielä tarkemmin seuraavassa luvussa.

8.4.3 Analyysi kiinteistön energianhallintapalvelujen kehityssuunnista

Edellisen luvun skenaarion kaltaisessa monimutkaisessa kokonaisuudessa datan ja ohjauskomentojen on liikuttava saumattomasti rajapintojen ylitse ja teknologian on mahdollistettava kiinteistökohtaisiin tarpeisiin räätälöidyt kokonaisratkaisut. Toimivien helposti toteutettavien rajapintojen ja integraatioiden merkitystä ei voi liikaa korostaa. Vaatimus koskee yksittäistä laite- tai järjestelmätoimittajaa, joka haluaa saumattomasti integroitua osaksi mitä tahansa kokonaisuutta missä tahansa kiinteistössä. Samoin se pätee ohjelmistotoimittajaan tai tahoon, joka tämän kokonaisuuden yhden sovelluksen tai käyttöliittymän taakse niputtaa. Asiakkaan näkökulmasta täytyisi olla yksi taho, joka pystyy tämän kaiken vetämään yhteen ja tuomaan helposti ymmärrettäväksi ja käytettäväksi kokonaisuudeksi. Samaan aikaan monipuoliset rajapinnat mahdollistavat yksittäisen toimijan tai osa-alueen kilpailuttamisen, jos kiinteistön johtaja kokee sen tarpeelliseksi.

Sekä kiinteistöjen omistajille, että niissä toimiville yrityksille kohdistuu tulevaisuudessa laajempaa raportointivelvoitetta esimerkiksi yritysten kestävyysraportointi

direktiivin CSRD:n myötä. CSRD edellyttää tietyn kokoluokan yrityksiltä tarkempaa päästöjen raportointia, mikä heijastuu alihankintaketjun kautta myös pienempiin toimijoihin ja näiden toimitiloja hallinnoiviin kiinteistön omistajiin (Valli, E. 2023). Energianhallintapalvelujen tuottajille ja edelleen kiinteistöjen omistajille onkin tärkeää auttaa ja tukea omia asiakkaitaan toimimaan vastuullisesti ja suoriutumaan tulevista velvoitteista. Tässä tekoälyn ja koneoppimisen hyödyt nousevat varmasti esille, sillä niillä voidaan helpottaa kokonaisuuden hallintaa ja kaiken yhteen kokoavien sovelluksien päivittäistä käyttöä. Tekoäly voi kerättyyn dataan ja käyttäjien toiveisiin ja tottumuksiin perustuen tehdä ehdotuksia toimenpiteistä, joilla kiinteistöjohtaja tai yksittäinen kiinteistön käyttäjä pystyy tekemään hyviä valintoja. Olipa niiden mittarina sitten energiatehokkuus, hiilijalanjälki, sosiaalinen kestävyys tai asiakaskokemus.

Energianhallinnasta voi olla muodostumassa niin monimutkainen kokonaisuus, että siihen liittyvät taloudelliset riskit saattavat kasvaa merkittävästi. Muuttuvien kustannuksien mahdolliset vaihteluvälit kasvavat valtavasti laajalti sektori-integroiduissa järjestelmissä, joissa energiaa voidaan hankkia eri tavoilla, ansaita eri markkinoilta, varastoida ja ajallisesti optimoida sen kulutusta. Myös tekniikan ylläpito-, huolto- ja hallinnointikustannukset voivat nousta merkittävästi monimutkaisissa järjestelmissä. Toisaalta riski voi realisoitua aina myös positiivisesti ja uudet energiaratkaisut mahdollistavatkin kiinteistöjen omistajille uusia tulovirtoja. On selvää, että myös investointikustannukset nousevat, jos halutaan rakentaa monitahoinen kokonaisuus. Kiinteistön johtajilta ja energianhallintaan perehtyneiltä asiantuntijoilta vaaditaankin paljon osaamista kestävä ja kannattavan liiketoiminnan säilyttämiseksi.

9 POHDINTA

Työn tavoitteena oli tunnistaa VENI:n toimintaympäristöön vaikuttavia energiamurroksen aiheuttamia tekijöitä ja muodostaa niistä yhtenäinen iso kuva. Menetelmäksi valittiin kirjallisuuskatsaus, jonka pohjalta kerättyä tietoa työelämän ja opintojen tuomiin kokemuksiin yhdistellen vastattiin tutkimuskysymyksiin. Tuloksena oli, että ymmärrys energia-alan kokonaisuudesta siihen liittyvine sääntelyineen ja teknologioineen on lisääntynyt VENI:ssä ja kertynyttä tietoa on jaettu konsernissa eri maiden välillä. Kertyneen tiedon pohjalta on pystytty synnyttämään uusia kehitysideoita VENI:n nykyisten palveluiden eteenpäin viemiseksi sekä ajatuksia kokonaan uusien liiketoimintamallien tutkimiseksi. Jo opinnäytetyöprosessin aikana tekijä osallistui yrityksen sisäiseen selvitystyöhön, jossa opinnäytetyön mukanaan tuomaa tietoa pystyttiin hyödyntämään uusien liiketoimintamallien tutkimisessa. Lisäksi ymmärrys VENI:n mittaus- ja energianhallintapalvelun nykyisistä ominaisuuksista, teknologiasta ja sen kyvykkyyksistä on mennyt eteenpäin.

Yleisemmällä tasolla voidaan todeta, että energiajärjestelmä on muuttumassa kompleksisemmaksi ja digitalisoitumassa voimakkaasti, kun sitä kehitetään kohti hiilineutraaliutta. Energiaturroksen seurauksena syntyy aivan uusia asiakastarpeita ja arvovirtoja järjestelmän eri tasoilla avaten liiketoimintamahdollisuuksia uusille palveluntarjoajille ja liiketoimintamalleille. Kiinteistöjen osalta energianhallinnan kokonaisuus on muuttumassa huomattavasti monitahoisemmaksi, kun niiden rooli on muuttumassa aktiiviseksi toimijaksi osana sähköenergiajärjestelmää. Tässä muutoksessa energianhallinnan palveluntarjoajat voivat toimia kumppaneina sujuvan vihreän siirtymän mahdollistamiseksi huolehtien samalla erilaisten talouteen, ympäristöön ja vastuullisuuteen liittyvien intressien toteutumisesta.

Valtakunnallisesti suurimpana jatkokehityksen kohteena voisi työn sisällöstä nostaa energiayhteisöihin liittyvän sääntelyn. Sääntelyllä on merkittävä rooli energiayhteisöjen laajemmalle yleistymisessä ja niiden täyden potentiaalin hyödyntämisessä. VENI:lle mikroverkkojen ja energiayhteisöjen kulujen ja energiavirtojen hallinta sekä siihen liittyvät liiketoimintamallit ja asiakasarvon luominen ovat tulevaisuudessa varmasti yksi jatkotutkimuksen kohteista. Samalla tulee tutkia ja ylläpitää osaamista uusista teknologisista ratkaisuista näiden palvelujen mahdollistajana. VENI:llä on erittäin hyvä asema johtuen sen pitkästä kokemuksesta

kiinteistöjen sähkön mittauksen ja laskutuksen parissa, mutta tuo kokemus on pystyttävä hyödyntämään jatkokehityksen pohjaksi. Tietoisuutta VENI:n asiantuntemuksesta tulisi pyrkiä lisäämään kiinteistön omistajien keskuudessa. Erilaisiin kehitystyöryhmiin osallistuminen voisi tarjota näköalapaikan alan uusimpiin innovaatioihin ja jopa mahdollisuuden vaikuttaa niiden kehitykseen.

Opinnäytetyöprosessia jälkikäteen arvioiden voi todeta työn sisällön muuttuneen huomattavasti matkan aikana. Ensimmäisen tutkimussuunnitelman ajatuksena oli keskittyä mittariteknologiaan ja VENI:n portaalin ominaisuuksiin pohtien näiden kehitysmahdollisuuksia energiamurroksen tuomat asiakastarpeet huomioiden. Suurin muutos tapahtui, kun tekijä oivalsi miten alaan vaikuttavan sääntely ohjaa kehitystä kohti yhteisesti sovittuja poliittisia tavoitteita. Kokonaiskuvan muodostaminen tästä sääntelyn kokonaisuudesta osoittautui lopulta todella laajaksi ja aikaa vieväksi osaksi työtä. Oikeastaan kaiken työn teoriaosuudessa käsitellyn sisällön ja teknologioiden taustalla vaikuttavat EU:n yhteiset hiilineutraaliustavoitteet ja niiden toimeenpaneminen kansallisessa lainsäädännössä. Myös opintoihin valitut kurssit muun muassa teknologiaosaamisen ja innovaatioiden johtamisesta sekä älykkään energiajärjestelmän liiketoimintamalleista muokkasivat lähestymistapaa työhön vielä sen aikana. Työhön on pystytty tuomaan mukaan liiketoiminnallista näkökulmaa teknologisen ja lainsäädännöllisen sisällön käsittelyn oheen. Teknologinen kehitys on pystyttävä hyödyntämään yritysten liiketoiminnassa, mikäli halutaan uusien ratkaisujen yleistyvän.

Työtä oli kokonaisuudessaan erittäin hedelmällistä ja innostavaa tehdä, kun sen aikana sai hyödynnettyä omaksumaansa tietoa todellisessa työelämän kehitystyössä. Koska pohjalla oli koko ajan todellinen työelämän herättämä tarve ja sieltä kumpuavat kysymykset, oli työtä tehdessä aito halua kasvattaa omaa tiedon määrää ja saada vastauksia kysymyksiin, joita tässäkin työssä käsiteltiin. Opinnäytetyöprosessi tarjosi laajan ja hyvän pohjan ymmärtämään kiinteistöjen roolia osana tulevaisuuden sähköenergiajärjestelmää ja niiden vuorovaikutusta älykkään sähköverkon kanssa. Tuon pohjan päälle on hyvä syventää asiantuntemusta tulevien kokemusten ja projektien myötä.

LÄHTEET

55-valmiuspaketti. 2023. Euroopan unionin neuvosto ja Eurooppa-neuvosto. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/#package>

Addressing decarbonization at the grid edge. 2020. Siemens Switzerland Ltd. Pdf-dokumentti. Viitattu 29.1.2024. <https://www.siemens.com/global/en/company/about/businesses/smart-infrastructure/energy-and-performance-services/decarbonization-whitepaper.html>, 6, 8, 9.

Aidon. 2023a. Gateway 3 User Manual Public Version Release 1.13. Pdf-dokumentti. Viitattu 29.2.2024, 81 & 96

Aidon. 2023b. Gateway 3 Product Description Public Version 3.8 A. Pdf-dokumentti. Viitattu 29.2.2024, 5

Ascendix. 2023. Examples of Proptech Solutions for Key Real Estate Players. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. <https://ascendixtech.com/proptech-solutions-examples/>

Carleton, T., Cockayne, W. & Tahvainen, A. 2013. Playbook for Strategic Foresight and Innovation. Pdf-dokumentti. Viitattu 1.3.2024. <https://www.lut.fi/sites/default/files/media/documents/playbook-for-strategic-foresight-and-innovation.pdf>, 166-117

Caverion. n.d. Digitalisoituvat kiinteistöt. Millainen on kiinteistötekniikan tulevaisuus ja miten edistät digitalisaatiota omissa kiinteistöissäsi? Pdf-dokumentti. Viitattu 31.1.2024. <https://www.caverion.fi/katalogi/palvelut/digitaaliset-ratkaisut/>, 8-10

Direktiivi 2019/944/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi sähkön sisämarkkinoita koskevista yhteisistä säännöistä. Euroopan unionin virallinen lehti 14.6.2019. Viitattu 24.2.2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944>

Direktiivi 2023/1791/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi energiatehokkuudesta. Euroopan unionin virallinen lehti 13.9.2023. Viitattu 24.2.2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023L1791&qid=1708772618995>

Direktiivi 2023/2413/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä. Euroopan unionin virallinen lehti 31.10.2023. Viitattu 24.2.2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202302413

Direktiivi 2024/1275/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta. Euroopan unionin virallinen lehti. 8.5.2024. Viitattu 17.5.2024. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401275&qid=1715939965742

Elenia. n.d. Kuormanohjaus. Verkkosivu. Viitattu 29.2.2024. <https://www.elenia.fi/tulevaisuuden-energia/sahkonkulutuksen-mittausuudistus/kuormanohjaus>

Energiatehokkuuslaki 2014/1429. 30.12.2014. Viitattu 24.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20141429#L1>

Energiateollisuus ry. 2024. Energiavuosi 2023 Sähkö. Pdf-dokumentti. Viitattu 28.1.2024. <https://energia.fi/tiedotteet/sahkovuosi-2023-puhdas-sahkontuotanto-kasvoi-paastot-ja-hinnat-romahtivat/>

Energiaunioni. 2023. Euroopan unionin neuvosot ja Eurooppa neuvosto. Verkkosivu. Viitattu. 31.1.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/energy-union/>

Energiavirasto. 2023. Aurinkosähkön pientuotanto kasvoi voimakkaasti vuonna 2022. Verkkosivu. Viitattu 30.1.2024. <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-pientuotanto-kasvoi-voimakkaasti-vuonna-2022>

Energiavirasto. 2024. Uusiutuvan energian käyttö väheni Suomessa vuonna 2023. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2024. <https://energiavirasto.fi/-/uusiutuvan-energian-kaytto-vaheni-suomessa-vuonna-2023>

Energiayhteisöt ja erilliset linjat Energiayhteisöryhmän loppuraportti. 2023. Työ- ja elinkeinoministeriön Energiayhteisöryhmä. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2023:22. Julkaisuarhivo Valto. Viitattu 30.1.2024. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164884>, 12-13, 43, 45-46

Energinet. 2022. Energy In Time Energinet Strategy. Pdf-dokumentti. Viitattu. 29.1.2024. <https://en.energinet.dk/about-us/strategy/>, 16

Enerkey. n.d. EG Ines – Älykästä vastuullisuutta ja energianhallintaa. Pdf-dokumentti. Viitattu 31.1.2024. <https://eg.fi/siteassets/media/files/brochuresproduct-sheets/cs/utility/eg-ines---fi.pdf>

Euroopan komissio. 2020. Rakennusten perusparannusstrategia: kaksinkertaistetaan rakennusten perusparannusten määrä päästöjen vähentämiseksi, elpymisen vauhdittamiseksi ja energiaköyhyyden vähentämiseksi. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/IP_20_1835

Euroopan komissio. n.d. REPowerEU Kohtuuhintaista, varmaa ja kestävää energiaa Euroopalle. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repoweru-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_fi

Euroopan komissio. n.d. Clean energy for all Europeans package. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en?prefLang=fi

Euroopan Unionin Neuvosto. 2019. Infografiikka – Clean energy for Europeans: Key for driving forward the Energy Union. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/infographics/energy-union/>

Euroopan Unionin Neuvosto. 2024. Infografiikka – 55-valmiuspaketti: tehdään rakennuksista ympäristöystävällisempiä. Viitattu 28.1.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/infographics/fit-for-55-making-buildings-in-the-eu-greener/>

Euroopan Unionin Neuvosto. 2024. Sähkömarkkinoiden uudistus. Viitattu 24.2.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/electricity-market-reform/>

Euroopan vihreän kehityksen ohjelma. 2023. Euroopan unionin neuvosto ja Eurooppa-neuvosto. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/green-deal/>

EU:n viimeisimmät ilmastopoliittiset toimet. 2024. Euroopan unionin neuvosto ja Eurooppa-neuvosto. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/climate-change/eu-climate-action/>

Fingrid. n.d.a. Säätosähkö- ja säätökapasiteettimarkkinat (mFRR). Verkkosivu. Viitattu 27.2.2024. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/reservit-ja-saato-sahko/saatosahko-ja-saatokapasiteettimarkkinat/#saatotarjousten-tilaaminen>

Fingrid. n.d.b. Markkinapaikat. Verkkosivu. Viitattu 27.2.2024. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyys/johdanto-sahkomarkkinoin/#saatosahko-ja-reservimarkkinat->

Fingrid. n.d.c. Tasepalvelut. Verkkosivu. Viitattu 27.2.2024. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/tasepalvelut#tasehallinta>

Fingrid n.d.d. Itsenäinen aggregointi. Verkkosivu. Viitattu 28.2.2024. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyys/sahkomarkkinoiden-kehityshankkeet/itsenainen-aggregointi/>

Fingrid. 2022. Automaattisen taajuuden palautusreservin (aFRR) teknisten vaatimusten todentaminen ja hyväksyttämisprosessi. Pdf-dokumentti. Viitattu 29.2.2024. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/reservit/uusi-automaattisen-taajuuden-palautusreservin-afrr-teknisten-vaatimusten-todentaminen-ja-hyvaksyttamisprosessi.pdf>, 4

Fingrid. 2023a. Reservituotteet ja markkinapaikat. Pdf-dokumentti. Viitattu 27.2.2024. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/reservit/reservituotteet-ja-reservien-markkinapaikat.pdf>

Fingrid. 2023b. Reservitoimittajat ja heidän toimittamansa reservituotteet. Pdf-dokumentti. Viitattu 28.2.2024. https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/reservit/Reserve_suppliers.pdf

Fingrid 2023c. Fingridin reservikaupankäynti ja tiedonvaihto -ohje. Pdf-dokumentti. Viitattu 29.2.2024. <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/reservit/fingridin-reservikaupankaynti-ja-tiedonvaihto-ohje-20230704.pdf>,

Fingrid. 2024. Sähkön riittävyys on hyvä, Fingrid purkaa valmiustason noston. Verkkosivu. Viitattu 30.1.2024. <https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2024/sahkon-riittavyys-on-hyva-fingrid-purkaa-valmiustason-noston/>

Finland's Integrated National Energy and Climate Plan Draft update. 2023. Työ- ja elinkeinoministeriö. Pdf-dokumentti. Viitattu 24.2.2024. <https://tem.fi/documents/1410877/2132096/Suomen+kansallinen+energia-+ja+ilmastosuunnitelman+p%C3%A4ivitysluonnos+2023.pdf/eed2f312-f9a2-1e11-6e9a-82c0b906c4d2/Suomen+kansallinen+energia-+ja+ilmastosuunnitelman+p%C3%A4ivitysluonnos+2023.pdf?t=1692094778414>

Fortum. 2020. Tulevaisuuden energiajärjestelmässä varastointi on avainasemassa. Verkkosivu. Viitattu 30.1.2024. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/blogi/forthedoers-blogi/tulevaisuuden-energiajarjestelmassa-varastointi-avainasemassa>

Honkapuro, S., Sihvonen, V., Partanen, J., Harsia, P., Kallioharju, K., Kortemäki, A., Järventausta, P., Repo, S., Remes, L. & Ketomäki, J. 2020. Jousto 2035 visio - Energiajärjestelmän jouston tarpeet ja toteutuspotentiaali 2035. LUTPub. Viitattu 29.1.2024. <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/161812>, 36

Huttunen, R., Kuuva, P., Kinnunen, M., Lemström, B. & Hirvonen, P. 2022. Hiili-neutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:53. Julkaisuarkisto Valto. Viitattu 31.1.2024. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164321>, 15, 146

Ilmastolaki 2022/423. 10.6.2022. Viitattu 24.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajan-tasa/2022/20220423?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=ilmastolaki#L1P2>

Isokangas, J. 2023. Informaatio ja tiedusteluprosessi. Videoluento. Johdatus tiedusteluun -verkkokurssi. 24.8.2023. Jyväskylän yliopisto. Avoin yliopisto. Jyväskylä.

Järventausta, P., Heinimäk, R., Lehto, I., Lindroos, M., Pylvänäinen, J. & Hyvärinen, M. 2024. Kuormanohjausraja AMR-mittarin kautta toteutettaviin ohjauksiin. Työ- ja elinkeinoministeriön Älyverkkotyöryhmän teettämä selvitys. Pdf-dokumentti. Viitattu 29.2.2024. <https://tem.fi/documents/1410877/3481825/%E2%80%A2%09Kuormanohjausraja+AMR-mittarin+kautta+toteutettaviin+ohjauksiin+4.9.2018.pdf/eae9b3c1-9773-4e07-aa00-5e144f78e55f/%E2%80%A2%09Kuormanohjausraja+AMR-mittarin+kautta+toteutettaviin+ohjauksiin+4.9.2018.pdf?t=1536145123000>

Järventausta, P., Repo, S., Trygg, P., Rautiainen, A., Mutanen, A., Lummi, K., Supponen, A., Heljo, J., Sorri, J., Harsia, P., Honkiniemi, M., Kallioharju, K., Piikkilä, V., Luoma, J., Partanen, J., Honkapuro, S., Valtonen, Petri., Tuunanen, J. & Belonogova, N. 2015. Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli): Loppuraportin tiivistelmä. Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 29.2.2024. https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/116557/kysynnan_jousto_loppuraportin_tiivistelma.pdf?sequence=1&isAllowed=y, 3

Jähi, M. 2023. Teknologian elinkaari ja diffuusio. Luentokalvo. Teknologia osaamisen johtaminen -kurssi 25.8.2023. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere, 5

Kallioharju, K. 2023. EPBD-direktiivinpäivitys: katsaus valmistelun tilanteesta ja merkittävimmistä ehdotetuista muutoksista. Luentomateriaali. 22.8.2023. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.

Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024-2033. 2023. Fingrid Oyj. Pdf-dokumentti. Viitattu 28.1.2024. <https://www.fingrid.fi/kehittamissuunnitelma>, 77-79

Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä 29.10.2020/733. Viitattu 30.1.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2020/20200733#Pidm46651394565824>

Lempäälän energia. n.d. LEMENE -Lempäälän energiayhteisö. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. <https://www.lempaalanenergia.fi/lemene/>

Leppälä, K. 2014. Innovaattorin opas.1. painos. Helsinki: Gaudeamus Oy, 75, 144.

Lippulaiva Citycon. n.d. Vastuullisuus. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. <https://lippulaiva.fi/vastuullisuus/>

Mittauslaitelaki 707/2011. 17.6.2011. Viitattu 24.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110707#Pidm46651396327280>

Motiva. 2023. Rakennusten älyindikaattori – Smart Readiness Indicator (SRI). Verkkosivu. Viitattu 30.1.2024. https://www.motiva.fi/ratkaisut/ohjauskeinot/rakennusten_alyindikaattori

NordREG. 2020. Nordic Regulatory Framework for Independent Aggregation. Pdf-dokumentti. Viitattu 28.2.2024. <https://www.nordicenergyregulators.org/wp-content/uploads/2021/05/A-New-Regulatory-Framework-for-Independent-Aggregation-NordREG-recommendations-2020-02.pdf>, 14-15

Ontec Oy. 2021. Mittauslaidirektiivi MID 2014/32/EU. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2024. <https://www.ontec.fi/2021/05/28/mittauslaidirektiivi-mid-2014-32-eu/>

Partanen, J., Viljainen, S., Lassila, J., Honkapuro, S., Salovaara, K., Niemelä, H., Annala, S., Makkonen, M., Belonogova, N. & Sihvonen, V. 2021. Electricity Markets – Lecture Notes. Luentomoniste. Sähkömarkkinat-kurssi. Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampere.

Pahkala, T., Uimonen, H. & Väre, V. 2018. Joustava ja asiakaskeskeinen sähköjärjestelmä Älyverkkotyöryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2018:33. Julkaisuarkisto Valto. Viitattu 29.1.2024. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161119>, 11, 13, 19-23

Piikkilä, V., Luoma, J., Partanen, J., Honkapuro, S., Valtonen, P., Tuunanen, J. & Belonogova, N. 2015. Kysynnän jousto - Suomeen soveltuvat käytännön ratkaisut ja vaikutukset verkkoyhtiöille (DR pooli): Loppuraportti. Trepo. Viitattu 30.1.2024. <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/116742>, 3

Pirkanmaan liitto n.d. REC4EU-hanke energiayhteisöjen asialla. Verkkosivu. Viitattu 25.2.2024. <https://www.pirkanmaa.fi/rec4eu-hanke-edistamaan-energiayhteisöjen-syntymista/>

Prosumer Centric Energy Communities towards Energy Ecosystem. 2021. Tampereen yliopisto, Tampereen ammattikorkeakoulu, VTT loppuraportti. Viitattu 29.1.2024. <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/135693>, 12, 18-20, 40, 66

Rakentamislaki 2023/751. 21.4.2023. Viitattu 24.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2023/20230751?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=rakentamislaki#L4P37>

Reservien tiedonvaihto signaalilista. 2023. Fingrid. Excel-tiedosto. Viitattu 29.2.2024. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/reservit-ja-saatosahko/reservikaupankaynti-ja-tiedonvaihto/>

Sektori-integraatiotyöryhmän loppuraportti. 2023. Työ- ja elinkeinoministeriön Sektori-integraatiotyöryhmä. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:47. Julkaisuarkisto Valto. Viitattu 30.1.2024. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/163298>

Sähkömarkkinalaki 2013/588. 9.8.2013. Viitattu 24.2.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588#O1L1P3>

Sähköverkon aktiiviset kiinteistöt. 2021. Siemens Switzerland AG. Pdf-dokumentti. Viitattu 28.1.2024. <https://www.siemens.com/fi/fi/tuotteet/talotekniikka/contact/sahkoverkon-interaktiiviset-kiinteistot.html>, 4-6

Tampereen Energia Sähköverkko. 2023. Verkkopalveluhinnasto. Pdf-dokumentti. Viitattu 27.2.2024. <https://www.tampereensahkoverkko.fi/sahkon-jakelu-ja-kulutus/verkkopalvelutuotteet-hinnat-ja-sopimusehdot/>

Turun ja Varsinais-Suomen Eurooppa-toimisto. 2020. Renovation Wave -strategia vauhdittamaan rakennusten peruskorjausta. Verkkosivu. Viitattu 31.1.2024. https://www.turkueuoffice.fi/uutinen/2020-10-26_renovation-wave-strategia-vauhdittamaan-rakennusten-peruskorjausta

Työ- ja elinkeinoministeriö. 2023. Työryhmä asetettu valmistelemaan energiatehokkuusdirektiivin toimeenpanoa. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2023. <https://tem.fi/-/tyoryhma-valmistelemaan-energiatehokkuusdirektiivin-toimeenpanoa>

Työ- ja elinkeinoministeriö. n.d. Työryhmä asetettu valmistelemaan energiatehokkuusdirektiivin toimeenpanoa. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2024. <https://tem.fi/-/tyoryhma-valmistelemaan-energiatehokkuusdirektiivin-toimeenpanoa>

Valli, E. 2023. The Corporate Sustainability Reporting -direktiivi (CSRD) & tulevat kestävyysraportointivaatimukset. Verkkosivu. Viitattu 15.5.2024. <https://bio-code.io/fi/csrd-kestavyysraportointi/>

Valtioneuvoston asetus 767/2021. 12.8.2021. Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. Viitattu 24.2.2024. <https://finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210767#Pidm46651395622064>

VTT. n.d.a. Sektori-integraatio: kohti hiilineutraalia energiajärjestelmää. Pdf-dokumentti. Viitattu 30.1.2024. <https://www.vttresearch.com/fi/opas-sektori-integraation-hyodyntamiseen>, 4, 11

VTT.n.d.b. Sähkön kulutusjousto: rahanarvoisia mahdollisuuksia kaupallisille toimijoille. Pdf-dokumentti. Viitattu 10.5.2024. <https://www.vttresearch.com/fi/sahkon-kulutusjousto-rahamarvoisia-mahdollisuuksia-kaupallisille-toimijoille>, 5

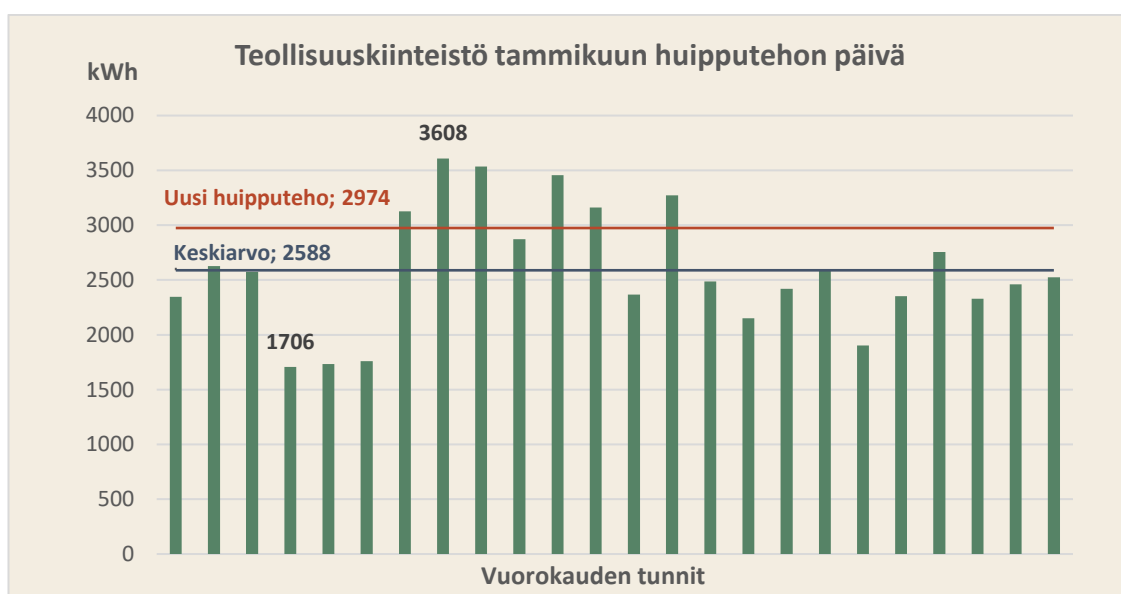
Ympäristöministeriö. n.d. Maankäyttö- ja rakennuslaki. Verkkosivu. Viitattu 24.2.2024. <https://ym.fi/maankaytto-ja-rakennuslaki>

LIITTEET

Liite 1. Esimerkkilaskelma huipputehon hallinnan hyödystä

1 (2)

Esimerkkinä on teollinen kiinteistö, jonka vuosikulutus on noin 17,3 GWh. Kuviossa 31 on kulutusprofiili vuorokaudelta, jolloin kohteessa on ollut tammikuun 2023 korkein huipputeho. Kuviossa on kyseisen vuorokauden suurin ja pienin tuntiteho, keskituntiteho sekä nimellä ”uusi huipputeho” taso, jota käytetään myöhemmin kannattavuuslaskennassa. Pätötehomaksuun vaikuttavat siirron hinnoittelu ja kulutusprofiili, mutta lasketaan pätötehomaksut, jos esimerkkikohte sijaitisi Tampereen Energian Sähköverkon alueella. Näin päästään käsitykseen pätötehomaksujen suuruusluokista.



KUVIO 31. Tammikuun korkeimman huipputehon vuorokauden profiili.

Tehdään laskentaa varten oletus, että liukuvan 12 kuukauden aikana mitatun kahden suurimman kuukausittaisen tuntitehon keskiarvoksi muodostuisi tuo kuvaajassa näkyvillä oleva huipputehon arvo. Oletetaan siis, että jonakin toisena kuukautena on samansuuruinen huipputeho ja ne ovat vuoden kaksi suurinta lukemaa. Perustuen vuosikulutukseen oletetaan esimerkkikohteen siirtotuotteen olevan keskijännitetelesiirto 2. Alla kuvakaappaus Tampereen Energian Sähköverkon verkkopalveluhinnastosta kuviossa 32.

KESKIJÄNNITE- TEHOSIIRTO 2

on tarkoitettu asiakkaille, jotka ovat liittyneet 20 kV keskijännitejakeluverkkoon ja joiden vuotuinen sähkönkäyttö yli 10 000 MWh. Keskijänniteverkkoon liittyminen edellyttää, että asiakkaalla on oma muuntamo.

		alv 0%	alv 24%
Perusmaksu	(€/kk)	1900,00	2356,00
Pätötehomaksu	(€/kW/kk)	2,90	3,60
Loistehomaksu	(€/kVAr/kk)	1,25	1,55

KUVIO 32. Tampereen Energian Sähköverkon keskijännite tehosiirto 2:n hinnoittelu (Tampereen Energia Sähköverkko 2023).

Oletetaan laskennassa, että kiinteistöllä olisi kyky joustaa huipputehoa kolmasosan verran nykyisen huipputehon ja minimitehon välisestä erotuksesta. Tällöin uusi huipputeho jäisi vielä selvästi päivän keskiarvon yläpuolelle, kuten nähtiin kuvioista 26. Uusi huipputeho pätötehomaksun perusteeksi olisi

$$3608 \text{ kW} - \left(\frac{3608 \text{ kW} - 1706 \text{ kW}}{3} \right) = 2974 \text{ kW}.$$

Tällöin pätötehomaksuista saatavilla oleva säästö kuukaudessa olisi

$$(3608 \text{ kW} - 2974 \text{ kW}) \times 2,9 \text{ €/kW/kk} = 1838,6 \text{ €/kk}$$

ja vuodessa

$$12 \text{ kk} \times 1838,6 \text{ €/kk} = 22063,2 \text{ €}.$$

Vuodessa saavutettavissa oleva säästö on niin suuri, että se maksaisi kuormanohjausrelettä laajemmankin ohjausautomaation päivityksen takaisin nopeasti, vaikka huipputehoa kyettäisiin leikkaamaan esimerkiksi vain puolet laskelmassa esitetystä. Ohjausautomaation päivityksen kustannus on hankala arvioida yleistäen, mutta valmiiksi automatisoidussa kiinteistössä voidaan ajatella sen hinnaksi 1000-3000 euroa riippuen tarvittavasta ohjelmointityön määrästä ja onko tarvetta lisätä erillinen ohjainyksikkö tehonhallintaa varten. Vaikka kohde ja huipputehot olisivat merkittävästi pienempiä, voisi huipputehon hallinta edelleen maksaa itsensä takaisin muutamassa vuodessa. Laskelmissa esitetyt säästöt ovat siis saavutettavissa pelkästään ajoittamalla omaa sähkönkulutustaan tasaisemmin, jolloin vuorokauden ja koko vuoden kumulatiivinen volyyymi säilyisi edelleen muuttumattomana. Säästöä kertyy myös sähköenergian hinnasta, jos leikattua osuutta ei kuluteta toisena ajankohtana.

Liite 2. Esimerkkilaskelma aggregoinnin ansaintamahdollisuuksista.

1 (2)

Lasketaan millaiset ansaintamahdollisuudet eri reservituotteilla voisi olla perustuen Fingridin tarjoamaan dataan tuntimarkkinoiden toteutuneista kaupoista. Vuosituottoa laskettaessa käytetään volyymipainotettuja keskihintoja, jotka on laskettu Fingridin tarjoamasta avoimesta datasta. Alla on taulukossa 3 vuoden 2023 volyymipainotetut keskihinnat jokaiselle reservituotteelle. Toisessa sarakkeessa on määrä monelleko tunnille vuodessa Fingrid on kyseistä reservituotetta hankkinut.

TAULUKKO 3. Volyymipainotetut keskihinnat 2023 (Fingrid avoin data, 2024).

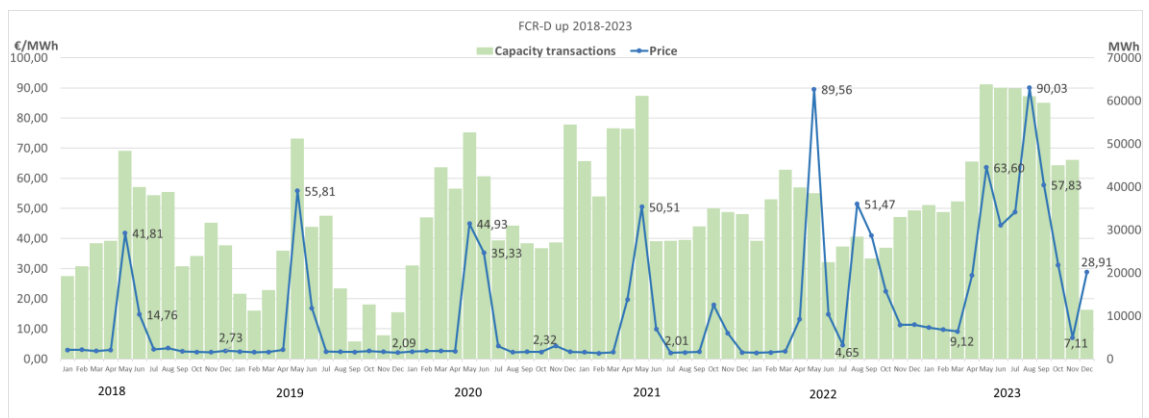
Reservituote	Volyympainotettu ka-hinta €/MWh	Vuoden hankitut tunnit h
FFR	46,53	1034
FCR-D ylössäätö	39,63	8747
FCR-D alassäätö	26,22	8586
FCR-N	57,76	8760
aFFR ylössäätö	41,59	7300
aFFR alassäätö	30,09	7285

Alla taulukon 4 laskelmassa lopullisten pysyvyystuntien arvioimiseksi laskelmassa on vielä erillinen pysyvyyskerroin 70 %, jolla huomioidaan, ettei reservikohde välttämättä ole käytettävissä jokaiselle Fingridin hankintatunnille tai tarjous ei välttämättä tule hyväksytyksi. Esimerkkilaskelmat tehdään 1 MW tarjottavalle reservikapasiteetille, joka on suurimmassa osassa tuotteita minimitarjouskoko. Taulukon 4 laskelmassa pysyvyyskertoimella korjatut tunnit kerrotaan volyymipainotetulla keskihinnalla, mistä saadaan arviot Fingridin maksamista kapasiteettikorvauksista reservituotteittain. Laskelmassa täytyy huomioida myös tekniselle jousto palveluntarjoajalle maksettava korvaus. Palvelun hinnaksi laskennassa arvioidaan 1000 € kuukaudessa, mikä vähennetään Fingridin maksamasta kapasiteettikorvauksesta ja saadaan jäljelle jäävä nettotuotto. Nettotuotosta täytyisi itsenäisen aggregaattorin jakaa vielä jokin osuus asiakkailleen sekä kattaa omat kulunsa muun muassa henkilöstön osalta.

TAULUKKO 4. Reservimarkkinoiden ansaintapotentiaali.

Reservituote	Kapasiteetti MW	Fingrid hankintatunnit	Pysyvyyserroin	Pysyvyys h	Keskiarvo €/MWh	Kapasiteettikorvaus	Alustamaksu	Nettotuotto
FFR	1	1034	70 %	724	46,53 €	33 678,41 €	12 000,00 €	21 678,41 €
FCR-D up	1	8747	70 %	6123	39,63 €	242 650,53 €	12 000,00 €	230 650,53 €
FCR-D down	1	8586	70 %	6010	26,22 €	157 587,44 €	12 000,00 €	145 587,44 €
FCR-N	1	8760	70 %	6132	57,76 €	354 184,32 €	12 000,00 €	342 184,32 €
aFRR up	1	7300	70 %	5110	41,59 €	212 524,90 €	12 000,00 €	200 524,90 €
aFRR down	1	7285	70 %	5100	30,09 €	153 443,96 €	12 000,00 €	141 443,96 €

Laskelma sisältää monta oletusta ja esimerkiksi reservituotteiden hinnan kehitystä on vaikeaa ennakoida. Laskelmat näyttävät kuitenkin suuruusluokan, jonka avulla voidaan hahmottaa paljonko kapasiteettia esimerkiksi itsenäisen aggregaattorin olisi kerättävä, jotta liiketoiminta olisi järkevän suuruista huomioiden siitä aiheutuvat kulut. Olennaista on myös maksaisiko tarvittavien ohjauslaitteiden investointikulut aggregaattori vai reserviresurssin omistaja. Mitä useammasta resurssista reservikohde muodostuu, sitä enemmän on ohjauslaitteiden investointikustannusta ja sitä useamman resurssin omistajan kesken ansaittu kapasiteettikorvaus on jaettava. Kannattavinta toiminta olisi, jos resurssien määrä per reservikohde olisi maltillinen ja siihen kuuluvat resurssit olisivat mahdollisimman suuren osan vuodesta käytettävissä. Kuvioista 33 nähdään, että vaikka vihreällä palkilla esitetyt hankintamäärät ovat nousseet, niin ainakin FCR-D ylössäädön kohdalla hintavaihtelut ovat silti varsin suuria. Hinnat ovat silti vakiintuneet hieman takavuosi korkeammalle tasolle. Onkin olennaista, että tuleeko aggregaattorin hallinnoiman reservikohteen tarjous hyväksytyksi sellaisina hetkinä, jolloin siitä on saatavilla parhaimmat korvaukset.



KUVIO 33. FCR-D ylössäädön hintakäyttäytyminen 2018-2023.