

LAPPEENRANNAN-LAHDEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
LUT School of Energy Systems
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Jaakko Manninen

ENERGIAYHTEISÖIDEN POTENTIAALI JA ESTEET SUOMESSA

Työn tarkastajat: Prof. Samuli Honkapuro
TkT Salla Annala

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto

LUT School of Energy Systems

Sähkötekniikka

Jaakko Manninen

Energiayhteisöiden potentiaali ja esteet Suomessa

Diplomityö

2019

76 sivua, 14 kuvaa ja 3 taulukkoa

Tarkastajat: Prof. Samuli Honkapuro

TkT Salla Annala

Hakusanat: energiayhteisö, uusiutuva energia, aurinkosähkö, kerrostalo, lainsäädäntö

Energiayhteisöt ovat yksi osa EU:n puhtaan energian pakettia ja energiayhteisöt mahdollistavat energiatuotannon yhteisömuotoisen omistuksen ja tuotannon, jolloin energiayhteisön jäsenet voivat jakaa keskenään yhteisesti omistetun infrastruktuurin hyötyjä. Nykyisessä Suomen kansallisessa lainsäädännössä ei ole määritelty energiayhteisöä, mutta kun määrittely saadaan lainsäädäntöön, mahdollistaa se energiayhteisöiden täyden potentiaalin. Energiayhteisöt motivoivat jäseniään vaikuttamaan kuluttamansa energian tuotantotapaan, jolloin kansalaisia saadaan aktiivisiksi osallistujiksi energiamarkkinoille.

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää energiayhteisöiden teknistä ja taloudellista potentiaalia Suomessa sekä tunnistaa erilaisia energiayhteisötoimintaan liittyviä esteitä tai rajoitteita. Potentiaalin selvittämiseksi selvitettiin koko Suomen kerrostalojen kattopinta-ala ja tästä aurinkopaneeleille soveltuva osuus. Tuloksista selveni, että taloudellisena potentiaalina kerrostaloihin keskittyvillä energiayhteisöillä on merkittävä kasvupotentiaali vuosittaisessa sähköenergian tuotannossa – kerrostalojen

energiayhteisöt voivat vastata 0,5 % kokonaissähköenergian tuotannosta Suomessa. Tällä hetkellä kaiken Suomessa tuotetun aurinkoenergian osuus energiatuotannossa on 0,2 %.

Esteiden ja rajoitteiden selvittämistä varten järjestettiin asiantuntijatyöpaja, jonne kutsuttiin eri sidosryhmistä pientuotantoon ja energiayhteisöihin liittyviä asiantuntijoita. Työpajassa tunnistettiin monenlaisia esteitä liittyen energiayhteisön potentiaalın maksimaaliseen hyödyntämiseen. Neljä eri kategoriaa ilmeni, joihin olisi hyvä saada muutoksia lähitulevaisuudessa: verotus, sähkömarkkinasäätely, energiayhteisöjen sopimukset sekä mittaus.

ABSTRACT

Lappeenranta-Lahti University of Technology

LUT School of Energy Systems

Electrical Engineering

Jaakko Manninen

Potential and restrictions of energy communities in Finland

Master's thesis

2019

76 pages, 14 figures and 3 tables

Examiners: Prof. Samuli Honkapuro

D.Sc. Salla Annala

Keywords: energy community, renewable energy, solar power, block of flats, legislation

Energy communities are a part of the EU clean energy strategy package. They enable community owned micro production of energy, where members of the energy community can share the benefits of their common infrastructure. Energy communities have yet not been included in the Finnish legislation, but once accomplished, the full potential of energy communities is enabled. Energy communities motivate the members to influence the way their consumed energy is produced, enabling the citizens to become active participants in the energy system.

The objective of this master's thesis was to find out the technical and economical potential of energy communities in Finland as well as to identify various restrictions and obstacles related to the activities of energy communities. Potential was determined by estimating the roof area of all block of flats in Finland and the proportion suitable for solar panels. The results showed that, as an economical potential, energy communities focused on block of flats have significant growth potential in annual electricity production – energy

communities in block of flats can correspond for 0.5 % of total electricity production in Finland. Currently solar energy production in Finland is 0.2 % of all energy production.

A workshop focused on energy communities was organized to identify the restrictions and obstacles. Stakeholders, with expertise in small-scale production and energy communities, were invited. Various obstacles hamper the full potential of energy communities today. Four different categories emerged that should be considered in the near future: taxation, electricity market regulation, energy community contracts and metering.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty kevään ja kesän 2019 aikana Lappeenrannan-Lahden teknillisellä yliopistolla osana Työ- ja elinkeinoministeriön tilaamaa projektia ”Selvitys sähkön omatuotantoon, energiayhteisöihin ja energiahankkeiden lupamenettelyihin liittyvistä kysymyksistä”.

Haluan kiittää valtavasti professori Samuli Honkapuroa ja tutkijatohtori Salla Annalaa, jotka ohjasivat työni etenemistä ja antoivat parannusehdotuksia pitkin matkaa. Kiitokset myös asiantuntevasta haastattelusta asiantuntija Kimmo Huomanille GreenEnergy Finlandilta. Kiitos myös kaikille opiskelukavereilleni, jotka ovat olleet osana unohtumattomia opiskeluvuosia.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni ja läheisimpiäni. Antamanne tuki läpi viisivuotisten yliopisto-opintojeni on ollut merkittävä voimavara niin opiskeluissa, kuin muissakin elämän vaiheissa.

Keravalla, 13.8.2019

Jaakko Manninen

SISÄLLYSLUETTELO

Tiivistelmä	2
Sisällysluettelo	7
Lyhenneluettelo	9
1 Johdanto	10
1.1 Työn tausta	11
1.2 Työn tavoitteet ja rajaus	12
2 Energiayhteisöt	14
2.1 Kansalaisen energiayhteisön määritelmä	14
2.2 Paikallinen energiayhteisö kiinteistön sisällä	17
2.3 Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö	19
2.4 Hajautettu energiayhteisö	21
3 Älykkään sähköjärjestelmän hyödyntäminen energiayhteisöissä	23
3.1 Älyverkkotyöryhmä	25
3.2 Aggregaattorit	29
3.3 Tuotantomuodot	32
3.3.1 Bioenergia	33
3.3.2 Aurinkosähkö	34
3.3.3 Tuulivoima	36
3.3.4 Vesivoima	38
3.4 Kulutusjousto	39
3.5 Sähkövarastot	41
3.6 Onnistuneita energiayhteisöhankkeita	42
3.6.1 Tanska	42
3.6.2 Saksa	43
3.6.3 Suomi	44
4 Energiayhteisöiden potentiaali	48
4.1 Tekninen potentiaali	48
4.2 Taloudellinen potentiaali	50
4.2.1 Asiantuntijahaastattelu liittyen taloudelliseen potentiaaliin	55
4.3 Yhteenvedo energiayhteisöiden potentiaalista	56
5 Energiayhteisöiden esteet	59
5.1 Esteiden tunnistaminen	59
5.2 Verotus	60
5.2.1 Sähkövero	60
5.2.2 Arvonlisävero	61
5.3 Sähkömarkkinasäätely	62
5.4 Energiayhteisöiden sopimukset	63
5.4.1 Energiayhteisön jäsenien väliset sopimukset ja sopimus pohjat ..	63
5.4.2 Energiayhteisön suhde avoimiin markkinoihin ja verkkoyhtiöön	64
5.5 Mittaus	65
5.6 Mittauslaitedirektiivi	66

5.7 Muu sääntely	67
6 Yhteenveto ja johtopäätökset	69
Lähdeluettelo	71

LYHENNELUETTELO

a	Vuosi
c	Kassavirta
GW	Gigawatti
GWh	Gigawattitunti
i	Laskentakorko
I	Alkuinvestointi
km ²	Neliökilometri
kVA	Kilovoltttiampeeri
kW	Kilowatti
kWh	Kilowattitunti
m	Metri
m ²	Neliömetri
MW	Megawatti
MWh	Megawattitunti
n	Järjestelmän pitoaika
n*	Takaisinmaksuaika
ALV	Arvonlisävero
AMR	Automatic meter reading
CO ₂	Hiilidioksidi
ET	Energiäteollisuus ry
EU	Euroopan Unioni
LED	Light emitting diode
LUT	Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto
TEM	Työ- ja elinkeinoministeriö

Alaindeksit

p	Huippu
t	Vuosi

1 JOHDANTO

Ilmastonmuutosta vastaan käytävä kamppailu näkyy uusiutuvien energianlähteiden tuotannon yleistymisenä. Pariisin ilmastopimuksen tavoitteena on rajata maapallon keskilämpötilan nousu alle kahteen celsiusasteeseen esiteolliseen aikaan suhteutettuna ja lisäksi on pyrittävä toimiin, joilla lämpeneminen saataisiin niinkin matalaksi, kuin 1,5 celsiusastetta (UNFCCC, 2018). Uusiutuvien energianlähteiden tuotanto on tuonut uusia mahdollisuuksia sekä haasteita sähkömarkkinoille. Euroopan yleisimmistä uusiutuvien energianlähteiden tuotantotavoista aurinko- ja tuulivoimalla on epäsäännöllinen käyttäytyminen. Sähköverkossa tuotannon ja kulutuksen tulee olla jatkuvasti tasapainossa - tätä tilaa kutsutaan tehotasapainoksi. Uusiutuvien energianlähteiden epäsäännöllisyys ja säätiloista riippuvuus tuo tehotasapainon ylläpitoon omia haasteita. Tehotasapainon ylläpitoa varten pyritään tulevaisuudessa hyödyntämään älyverkkoja entistä enemmän.

Ilmastonmuutos ja siihen reagoiminen on alkanut näkymään sähkökuluttajissa. Energiayhteisöt ovat yleistymässä ja näiden täysi potentiaali on vielä tuntematon käsite. Tuotettu energia jaetaan yhteisön jäsenien kesken ja tästä voi olla taloudellista hyötyä sekä muun muassa toimitusvarmuuden parantumista. Koska yleistymisen on vasta tapahtumassa, on energiayhteisöillä omia haasteitansa - kuten juridisia rajoitteita. Tämän työn tarkoituksena on selvittää energiayhteisöiden potentiaalia ja esteitä Suomessa. Erilaiset esteet tai rajoitteet pyritään tunnistamaan, jotta energiayhteisöiden maksimaalinen hyöty saataisiin irti.

Suomi on maailman johtavia maita uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämisessä (TEM, 2019). Kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja irrottautuminen fossiilisiin polttoaineisiin perustuvasta energiajärjestelmästä toimivat motivaattorina uusiutuvan energian tavoitteiden edistämiseksi. Uusiutuvan energian käyttö myös lisää energian omavaraisuutta esimerkiksi energiayhteisön muodossa. Suomessa käytettävistä uusiutuvista energiamuodoista tärkeimpiä ovat aurinkoenergia, bioenergia, vesivoima, tuulivoima ja maalämpö (TEM, 2019). Aurinkosähkön merkitys on suuri erityisesti energiayhteisöissä, joissa oma tuotanto korvaa verkosta ostettavaa sähköä. Aurinkolämmitystä hyödynnetään täydentävänä järjestelmänä päälämmitysjärjestelmän rinnalla.

1.1 Työn tausta

EU on parhaillaan päivittämässä energiapolitiikkaansa tavalla, joka helpottaa siirtymistä puhtaampaa energiaa kohti ja täten tukee puhtaan energian paketin tavoitteita. Neuvottelut on nyt saatettu päätökseen koskien kaikkia lakiehdotuksia puhtaan energian paketissa (Clean Energy for All Europeans). Uudet lakimuutokset on hyväksytty keväällä 2019. Muutokset ovat merkittävä askel kohti energiaunionin perustamista sekä Pariisin sopimukseen sitoutumisen noudattamista (Euroopan komissio, 2019a).

Energiapolitiikan päivittäminen antaa eurooppalaisille kuluttajille paremman mahdollisuuden olla aktiivisesti mukana toimijana energiantuotannossa. Tämä tuo EU:n 2030 Energiastrategiaan uudet tavoitteet. 2017 asetettiin tavoitteeksi saavuttaa 27 % energian tuotannosta uusiutuvilla energialähteillä vuoteen 2030 mennessä (Euroopan komissio, 2017). Päivitetyssä paketissa uudeksi tavoitteeksi on asetettu 32 % samaan raja-aikaan mennessä. Energiatehokkuudelle on asetettu uudeksi tavoitteeksi 32,5 % vanhan 27 % sijaan. Näille molemmille tehdään mahdollisesti ylöspäin menevää tarkastusta vuonna 2023. Nykyinen kasvihuonepäästöjen vähennystavoite on 40 % (Euroopan komissio, 2019a). Edellä mainituilla tavoitteilla EU tavoittelee kilpailullisempaa, varmempaa ja kestävämpää energiajärjestelmää. Jokainen jäsenvaltio on nyt määrätty laatimaan kansallinen energia- ja ilmastosuunnitelma vuosille 2021 – 2030, jossa esitetään, miten tavoitteet saavutetaan.

Uusien sääntöjen tavoitteena on korostaa kuluttajan roolia energiajärjestelmässä. Tarkoitus on antaa kuluttajille enemmän valinnanvaraa, vahvistaa heidän oikeuksiaan ja mahdollistaa jokaista osallistumaan itse uusiutuvan energian tuotantoon ja sen hyödyntämistä omana energianaan. Kuluttajat hyötyvät myös rajat ylittävästä kilpailusta, kun sähköenergialle annetaan vapaa liikkuvuus siellä, missä sitä tarvitaan ja kun sitä tarvitaan eniten. Tämä johtaa investointeihin, jotka ovat välttämättömiä toimitusvarmuuden takaamiseksi, ja samalla vähennetään Euroopan energiajärjestelmän CO₂-päästöjä (Euroopan komissio, 2019a).

Työ- ja elinkeinoministeriö asetti syyskuussa 2016 työryhmän selvittämään älykkään sähköjärjestelmän mahdollisuuksia sähkömarkkinoille. Työryhmä nimettiin älyverkkotyöryhmäksi ja työryhmän tehtävänä oli luoda yhteinen näkemys tulevaisuuden

verkosta. Tehtävänä oli selvittää ja esittää konkreettisia toimia, joilla älyverkot mahdollistavat asiakkaille aktiivisemmän osallistumisen sähkömarkkinoille ja edistää toimitusvarmuuden ylläpitoa yleisesti. Lisäksi tehtävänä oli tehdä edellä mainittuihin teemoihin liittyen ehdotuksia toimintatapojen ja säännösten muuttamiseksi. Sähköjärjestelmä ja sitä kautta sähkömarkkinat ovat valtavassa murroksessa. Ilmastonmuutoksen torjunnan johdosta tulee valtava määrä vaihtelevaa uusiutuvaa energiaa järjestelmään. Täten tarvitaan uusia keinoja hallita sähköjärjestelmää tulevaisuudessa. Työryhmän puheenjohtajaksi nimettiin ylitarkastaja Tatu Pakkala Työ- ja elinkeinoministeriöstä. Työryhmässä mukana ollut edustus oli kattava, jonka ansiosta selvitystä tehdessä saatiin laaja kattaus erilaisia näkökulmia: mukana oli muun muassa sähkön myyjiä, jakelijoita, kuluttajia, viranomaisia, asiantuntijoita sekä tutkijoita akateemisesta maailmasta. Työn lopullinen versio ”Joustava ja asiakaskeskeinen sähköjärjestelmä – Älyverkkotyöryhmän loppuraportti” julkaistiin 24.10.2018 (TEM, 2018).

Yksi älyverkkotyöryhmän keskeisimpiä havaintoja oli erilaisten energiayhteisöiden potentiaali. Energiayhteisöt mahdollistavat asiakkaille konkreettiset väylät vaikuttaa omaan sähkölaskuunsa sekä sähköhankintansa ympäristövaikutuksiin. Energiayhteisöt ja aggregaattorien tuomat hyödyt nähdään tulevaisuuden potentiaalina. Aggregaattorilla tarkoitetaan asiakkaan ja sähkömarkkinan välillä olevaa välikättä, joka muodostaa pienkulutuksesta ja -tuotannosta isomman kokonaisuuden. Tämä kokonaisuus voi osallistua eri markkinoille. Energiayhteisöt sekä sähkönmyyjistä erilliset aggregaattorit ovat molemmat uusia toimijoita sähkömarkkinoilla (TEM, 2018).

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Diplomityön tarkoitus on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Millainen tekninen ja taloudellinen potentiaali energiayhteisöihin liittyy Suomessa? Mitkä ovat energiayhteisöiden yleistymisen esteet Suomessa? Mitä rajoitteita tai esteitä on nykyisessä lainsäädännössä rajoittaen tai vaikeuttaen energiayhteisötoimintaa? Työn tavoitteena on luoda näkemys energiayhteisöiden teknisestä ja taloudellisesta potentiaalista ja esteistä Suomessa.

Työn tarkoitus on selvittää kerrostalojen kattopinta-alalle asennettujen aurinkopaneelien teknistä potentiaalia ja kannattavuutta Suomessa. Tarkoitus on selvittää, miten pientuotannon ympärille voisi syntyä energiayhteisö ja analysoida energiayhteisöä kerrostalojen näkökulmasta. Tarkoitus on erilaisten energiayhteisöiden ja ympäristön olotilat huomioiden analysoida potentiaalia ja esteitä ja tulosten perusteella tehdä yleistys koko Suomen tasolla. Tulosten perusteella tehdään karkea arvio energiayhteisöiden potentiaalista. Pohdittavia asioita ovat muun muassa seuraavat: itse tuotetun sähkön määrä ja sen hyödyntämisen arvo, vältetyt päästöt sekä käyttövarmuuden parantuminen.

Tutkimuksen keskeisenä tavoitteena on myös esteiden pohdinta. Koska energiayhteisöt ovat uusi käsite, niihin saattaa kohdistua mahdollisia juridisia puutteita tai porsaanreikiä. Tutkimuksessa on tavoite tehdä katsaus voimassa oleviin asioita koskettaviin direktiiveihin ja pyrkiä löytämään mahdollisia lakisääteisiä esteitä energiayhteisöiden potentiaalihin hyödyntämiselle. Tässä työssä keskitytään ensisijaisesti paikalliseen energiayhteisöön kiinteistön sisällä. Tällä energiayhteisötyypille nähdään isoin potentiaali ja myös esteet tämänhetkissä lainsäädännöissä. Tässä työssä keskitytään sähköenergiaan energiayhteisöissä.

Tutkimus on suurilta osin kirjallisuuskatsausta. Lisäksi on tehty teknis-taloudellinen potentiaaliansalyysi. Työssä haastetallaan asiantuntijoita sekä osallistutaan erilaisiin työpajoihin. Suurin työhön vaikuttava tapahtuma on Helsingissä 23.5.2019 järjestettävä asiantuntijatyöpaja liittyen energiayhteisöiden esteisiin ja rajoittaviin tekijöihin.

2 ENERGIAYHTEISÖT

Tässä kappaleessa esitetään erilaiset energiayhteisöjen muodot. Energiayhteisö voi rakentua eri energiamuotojen, kuten sähkö-, lämpö- tai kaasuenergian ympärille. Tässä työssä keskitytään sähköenergiaan ja sen potentiaaliin erityisesti aurinkosähköä. Euroopassa energiayhteisöt ovat olleet jo pidemmän aikaa isona osana sähkömarkkinoilla, mutta energiayhteisöille nähdään myös potentiaalia Suomessa. Yhteisöt luovat jäsenilleen uusia toimintamahdollisuuksia, ne ovat yksi jakamistalouden muoto, jossa yhteisön jäsenet jakavat tuotantoaan ja kulutustaan optimoidusti saaden taloudellista hyötyä. Energiayhteisöt mahdollistavat asiakkaalle vapaaehtoisen mahdollisuuden osallistua sähkömarkkinoille ja haluamallaan tavalla tuottaa itse ainakin osa käyttämästään sähköenergiasta. Energiayhteisöissä on tärkeää pidättäytyä siinä, että osallistuminen on vapaaehtoista. Energiayhteisöt mahdollistavat jäsenen puuttumisen ainakin osittain oman sähkönkulutuksen ja tuotannon tapoihin sekä ympäristöhaittoihin. Ideaalissa tilanteessa investoinnit esimerkiksi suurempi pinta-alaiseen aurinkopaneeliin ja niiden hyödyntäminen tulevat mahdollisiksi myös yksittäisille asiakkaille alentuneiden yksikkökustannusten myötä. Energiayhteisöön kuulumalla voi myös vaikuttaa sähkön toimitusvarmuuteen: kun osa tuotannosta on paikallista, voidaan energiayhteisöissä pitää sähköt päällä jakeluverkon häiriötilanteissa (TEM, 2018).

Energiayhteisöt on jaettu kahteen luokkaan – hajautettuun energiayhteisöön ja paikalliseen energiayhteisöön. Paikallisia energiayhteisöjä on kahdenlaisia: kiinteistön sisäisiä tai kiinteistörajat ylittäviä. Tässä työssä käydään läpi kaikki kolme eri energiayhteisön toimintamallia. Lainsäädäntö eroaa eri maiden välillä, mikä tuo omat haasteensa. Koska energiayhteisötoiminta on vapaaehtoista, tuo se omat haasteensa määritelmien ja sääntöjen päättäjille. Pitää varmistua siitä, että asiakkaat, jotka eivät ole mukana energiayhteisöissä saavat yhdenvertaista kohtelua, kuin energiayhteisötoiminnassa mukana olevat.

2.1 Kansalaisen energiayhteisön määritelmä

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2019/944 sähkön sisämarkkinoita koskevista yhteisistä säännöistä on annettu 5. kesäkuuta 2019. Direktiivissä artiklassa 16

on energiayhteisö määritelty kansalaisen energiayhteisönä, jolla tarkoitetaan oikeushenkilöä (Euroopan komissio, 2019b),

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

Direktiivin 16 artiklassa on määritelty sääntelykehys, jolla jäsenvaltioiden on säädettävä sitä niin, että varmistetaan siitä, että:

- a) *osallistuminen kansalaisten energiayhteisöön on avointa ja vapaaehtoista;*
- b) *kansalaisten energiayhteisön jäsenet tai osakkaat ovat oikeutettuja lähtemään yhteisöstä, jolloin sovelletaan 12 artiklaa;*
- c) *kansalaisten energiayhteisöjen jäsenet tai osakkaat eivät menetä oikeuksiaan eivätkä välty velvoitteiltaan kotitalousasiakkaina tai aktiivisina asiakkaina;*
- d) *sääntelyviranomaisen arvioimaa oikeudenmukaista korvausta vastaan asiaankuuluvat jakeluverkonhaltijat tekevät yhteistyötä kansalaisten energiayhteisöjen kanssa helpottaakseen kansalaisten energiayhteisöjen sisäisiä sähkönsiirtoja;*
- e) *kansalaisten energiayhteisöihin sovelletaan syrjimättömiä, oikeudenmukaisia, oikeasuhteisia ja avoimia menettelyjä ja maksuja, myös rekisteröinnin ja toimilupien osalta, ja niiltä peritään avoimia, syrjimättömiä ja kustannuksia vastaavia verkkomaksuja asetuksen (EU) 2019/943 18 artiklan mukaisesti varmistaen, että ne osallistuvat*

asianmukaisella ja tasapainoisella tavalla järjestelmän kokonaiskustannusten jakoon.

Yllä olevat määritelmät ovat oikeuksia, joita kansalaisten energiayhteisöillä ja niiden jäsenillä on. Osallistuminen ja irtautuminen toiminnasta on vapaaehtoista. Energiayhteisön jäsenet eivät myöskään menetä oikeuksiaan verrattuna asiakkaisiin, jotka eivät ole mukana toiminnassa. Kaikki energiayhteisötoiminta on syrjimätöntä, oikeudenmukaista sekä oikeasuhteista.

Jäsenvaltiot voivat säätää kansalaisten energiayhteisöt mahdollistavassa sääntelykehyksessä, että (artikla 16):

- a) osallistuminen kansalaisten energiayhteisöihin on avointa yli rajojen;*
- b) kansalaisten energiayhteisöillä on oikeus omistaa, perustaa, ostaa tai vuokrata jakeluverkkoja ja hallinnoida niitä itsenäisesti tämän artiklan 4 kohdassa vahvistettujen edellytysten mukaisesti;*

Yllä olevien määritelmien mukaisesti energiayhteisötoimintaan osallistuminen on vapaaehtoista. Lisäksi kansalaisten energiayhteisöillä on oikeus omistaa ja hallita jakeluverkkoja ja tehdä sopimuksia toiminnasta sen jakeluverkonhaltijan kanssa, jonka verkkoon energiayhteisö kuuluu.

Jäsenvaltioiden on varmistettava, että (artikla 16):

- a) kansalaisten energiayhteisöillä on syrjimätön pääsy kaikille sähkömarkkinoille joko suoraan tai aggregoinnin välityksellä;*
- b) kansalaisten energiayhteisöjä kohdellaan syrjimättömällä ja oikeasuhteisella tavalla, kun kyse on niiden toiminnasta, oikeuksista ja velvoitteista loppuasiakkaina, tuottajina, toimittajina, jakeluverkonhaltijoina tai aggregointia harjoittavina markkinaosapuolina;*
- c) kansalaisten energiayhteisöillä on taloudellinen vastuu sähköverkossa aiheuttamistaan tasepoikkeamista; tämän osalta niiden on toimittava tasevastaavina tai siirrettävä tasevastuunsa asetuksen (EU) 2019/943 5 artiklan mukaisesti;*

- d) *kansalaisten energiayhteisöjä kohdellaan itse tuottamansa sähkön kulutuksen osalta aktiivisina asiakkaina 15 artiklan 2 kohdan e alakohdan mukaisesti;*
- e) *kansalaisten energiayhteisöillä on oikeus järjestää kansalaisten energiayhteisön sisällä yhteisön omistamissa tuotantoyksiköissä tuotetun sähkön jakaminen, jollei tässä artiklassa säädetyistä muista edellytyksistä muuta johdu ja jos yhteisön jäsenten oikeudet ja velvoitteet loppuasiakkaina säilyvät.*

Syrjimätön pääsy järjestäytyneille markkinoille on tärkeä oikeus, sillä se helpottaa jäsenien ja osakkeenomistajien tulovirran tarkkailua. Energiayhteisön toiminnalla on taloudellinen vastuu, jos sähköverkossa aiheutuu tasepoikkeamia – tämä on tärkeä asia, jotta kaikilla osapuolilla on oikeudenmukainen tilanne, esimerkiksi jos kyseessä kerrostalo, jossa osa asukkaista on mukana energiayhteisössä, ja osa ei.

Jos jäsenvaltio myöntää kansalaisten energiayhteisöille oikeuden hallinnoida jakeluverkkoja toiminta-alueellaan, on varmistettava että (artikla 16):

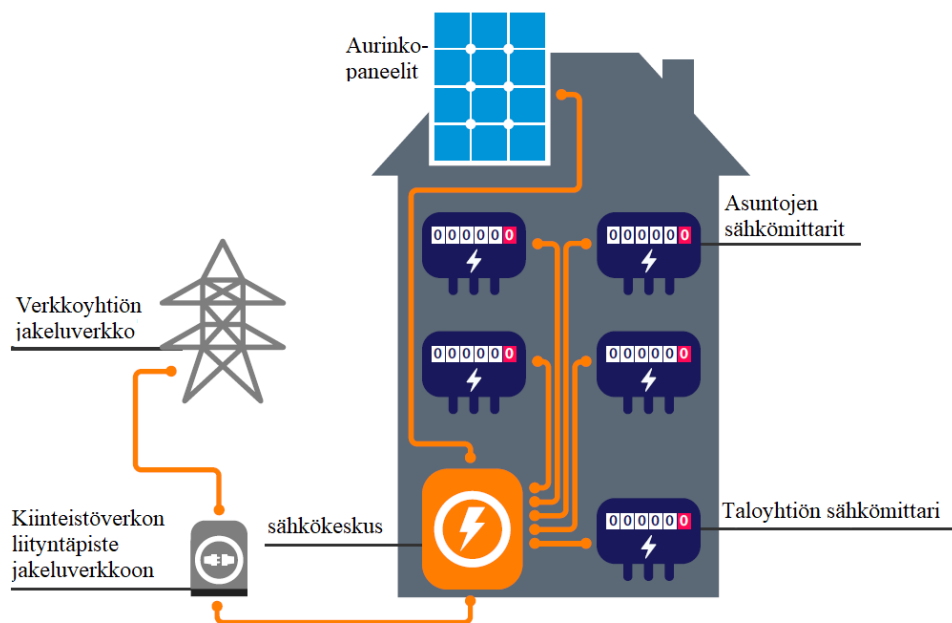
- a) *kansalaisten energiayhteisöillä on oikeus tehdä verkkonsa käytöstä sopimus sen asiaankuuluvan jakeluverkonhaltijan tai siirtoverkonhaltijan kanssa, johon niiden verkko on liitetty;*
- b) *kansalaisten energiayhteisöihin sovelletaan asianmukaisia verkkomaksuja niiden verkon ja kansalaisten energiayhteisön ulkopuolisen jakeluverkon välisissä liitäntäkohdissa ja että tällaisissa verkkomaksuissa eritellään jakeluverkkoon syötetty sähkö ja kansalaisten energiayhteisön ulkopuolisesta jakeluverkosta kulutettu sähkö 59 artiklan 7 kohdan mukaisesti;*
- c) *kansalaisten energiayhteisöt eivät syrji asiakkaita, jotka pysyvät liitettynä jakeluverkkoon, eivätkä aiheuta näille haittaa.*

2.2 Paikallinen energiayhteisö kiinteistön sisällä

Paikallisella energiayhteisöllä kiinteistön sisällä tarkoitetaan sitä, että kaikki tuotanto, kulutus, varastointi ja muut mahdolliset energiareсурssit ovat sijoittuneina kiinteistön rajojen sisäpuolella. Tyypillinen tuotantotapa on aurinkopaneelien asentaminen

rakennuksen katolle. Kiinteistön sisäinen energiayhteisö on mahdollista muodostaa, jos saman kiinteistön sisällä asuvat tai toimivat tahot, kuten asunto-osakeyhtiöiden osakkaat tai taloyhtiön hallitus, ovat kiinnostuneita yhteisistä arvo- ja energiavalinnoista, kuten tuotannosta tai muista energiaratkaisuista kiinteistöllään. Tavoite kiinteistön sisäiselle energiayhteisölle on selvittää, miten taloyhtiössä voidaan mahdollistaa se, että osakkaat voisivat entistä paremmin yhteisesti investoida pientuotantoon ja hyödyntää sitä kiinteistössä (TEM, 2018).

Kuvassa 1 on esitetty tyypillinen rakenne energiayhteisölle kiinteistön sisällä. Aurinkopaneeleilla itsetuotettu sähkö kulkee rakennuksen sähkökeskukselle, missä se jaetaan energiayhteisön jäsenien kesken. Osa tuotetusta sähköstä menee taloyhtiön käyttöön, esimerkiksi yhteisiin tarpeisiin (hissit, valot, pesutupa, yhteissauna). Lisäksi jokaisen asukkaan tuotantoa mitataan jokaisen huoneiston erillisellä sähkömittarilla.



Kuva 1. Tyypillinen rakenne energiayhteisölle kiinteistön sisällä. (TEM, 2018)

Nykyisessä mittausjärjestelyssä jokainen huoneisto on erikseen mitattu verkonhaltijan mittarilla. Tämä johtaa siihen tilanteeseen, että kiinteistönkäyttöpaikan ylijäämänsähkö, joka virtaisi huoneistoihin kulkee mittarin kautta ja täten sen katsotaan kiertäneen sähköverkon kautta. Tulevaisuudessa halutaan mahdollistaa taloyhtiöille se, että kiinteistön sisäisessä verkossa voidaan käyttää omaa pientuotantoaan ilman, että siitä veloitetaan jakeluverkkoyhtiön verkkopalvelumaksua sekä sähköveroa. Tämä muutos

antaisi energiayhteisön jäsenille oikeudenmukaisemman hyödyn omasta toiminnastaan ja saattaisi motivoida suurempaa massaa osallistumaan energiayhteistöimintaan (TEM, 2018).

Jos mittausjärjestelyjä ei muuteta, erotetaan se laskennallisesti. Linjaus tarkoittaa sitä, että ylijäämä sähkö voitaisiin hyödyntää laskennallisesti siihen yhteisöön kuuluvissa huoneistoissa. Sähköverotus toteutetaan voimassa olevan verotuskäytännön mukaisesti. Nykypäivänä ei tarvitse maksaa omasta pientuotannostaan veroa, ja tämä sama halutaan mahdollistaa tulevaisuudessa taloyhtiöille. Energiayhteisö itse päättää ja vastaa hyöty- ja kustannunjaoista, eli miten ylijäämä sähkö jaetaan yhteisön jäsenille – käytetäänkö tasajakoa vai esimerkiksi prosenttiosuutta. Jäsenillä tulee olla oikeus irtautua yhteisöstä voimassa olevien sopimusten ja lainsäädäntöjen mukaisesti. Kaikkien samalla kiinteistöpaikalla ei tarvitse kuulua yhteisöön. Jäsenillä on oikeus kilpailuttaa oma sähköntoimittajansa: kullakin jäsenellä on oikeus päättää miltä taholta ostaa muun tarvitsemansa sähkön (Adato, 2019).

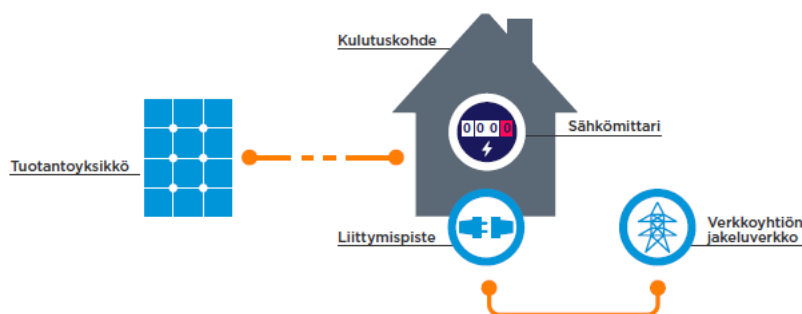
Sähkömarkkinoiden toiminnan kannalta on ensiarvoisen tärkeää se, että vain tasejakson sisäinen netotus mahdollistetaan: yli tasejakson tapahtuva netotus on epäoikeudenmukaista sähkömarkkinoiden toimintaa kohtaan sekä muita sähköverkonkäyttäjiä kohtaan. Sähköjärjestelmässä tulee olla jatkuvasti tuotannon ja kulutuksen tasapaino, ja tasevirheestä aiheutuu kustannuksia. Netotus ja muu laskenta tehdään verkonhaltijan tietojärjestelmissä tai mieluiten keskitetysti datahubissa. Datahub on Suomessa käyttöön otettava sähkön vähittäismarkkinoiden keskitetty tiedonvaihtojärjestelmä ja sen käyttöönotto tapahtuu huhtikuussa 2021. (Adato, 2019)

Mittauslaitedirektiivin tulkinta liitteen 1 kohdassa 10 tämänhetkisessä muodossaan on haaste: säädännön mukaan mittarissa on oltava näyttö, jossa näkyy mittaustulos, jonka perusteella asiakasta laskutetaan. Energiayhteisöjen yleistyessä ei voida enää vaatia, että mittarin näytössä oleva lukema on mittaustulos, jonka perusteella määritetään maksettava hinta, sillä osa tuotannosta tulee energiayhteisön pientuotannosta. (Adato, 2019)

2.3 Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö

Monesti pientuotannolle optimoitu paikka ei ole asiakkaan hallinnoimalla kiinteistöllä, vaan esimerkiksi naapurin tontilla. Tällöin voi naapurustossa syntyä ajatus rakentaa oma

keskinäinen sähköverkko, jossa hyödynnettäisiin yhdessä ylläpidettyä pientuotantoa ja jaettaisiin hyödyt. Tällaista skenaariota kutsutaan kiinteistörajat ylittäväksi energiayhteisöksi. Kiinteistörajat ylittävän energiayhteisön tapauksissa pientuottajan tulee vetää sähköverkko kiinteistörajojen yli. Tänä päivänä sähkömarkkina-alaissa sanotaan, että kiinteistörajat ylittävän liittymisjohdon voi rakentaa ilman toimilupaa, mutta ei ilman verkonhaltijan lupaa. Jotta tällainen energiayhteistöiminta olisi tulevaisuudessa lähestyttävämpää, pitäisi mahdollistaa niin kutsutun erillisen linjan, eli linjan, joka yhdistää pientuotantokohteen kulutuskohteeseen, rakentaminen ilman verkonhaltijan suostumusta. Kuvassa 2 on esitetty tyypillisen kiinteistörajat ylittävän energiayhteisön rakenne. Tuotantoyksikkö on liitetty asiakkaan sähkömittariin kiinteistörajat ylittävällä liittymisjohdolla. (TEM, 2018)

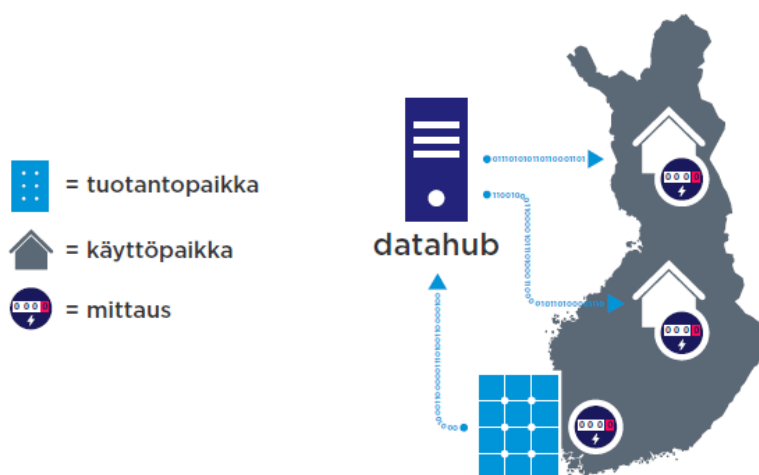


Kuva 2. Tyypillinen rakenne kiinteistörajat ylittävälle energiayhteisölle. (TEM, 2018)

Asiakkaan vastuulle jää sähkökäyttöpaikan liittymispaikan sähkönlaatu ja sähköturvallisuus sekä mahdolliset maankäyttöluvat. Lisäksi on tärkeää varmistua siitä, että liittymisjohto ei saa missään tilanteessa yhdistää kahta sähköverkkoon liittynyttä sähkökäyttöpaikkaa toisiinsa: ei saa muodostua rengassyhteyttä jakeluverkon rinnalle. Perusteet tälle ovat sekä sähköturvallisuuslaissa että muiden asiakkaiden oikeudenmukaisessa kohtelussa. Energiavirasto on julkaissut selvityksen, jossa sen kantana on myönteinen suhtautuminen erillisen linjan käyttöönottoon (Energiavirasto, 2017). Erillinen linja sallitaan vain pienjännitetasolla, perustuen siihen, että sähköturvallisuuslaissa ja standardissa tulee lisävaatimuksia pienjänniterajan ylittyessä - hallinta on helpompaa pienjännitetasolla. (Adato, 2019)

2.4 Hajautettu energiayhteisö

Tuotantoa voi olla myös muualla kuin omalla kiinteistöllä tai sen välittömässä fyysisessä läheisyydessä. Tällöin asiakas voi haluta hyödyntää etäällä tuottamansa sähkön esimerkiksi kotonaan. Hajautetulla energiayhteisöllä tarkoitetaan siis tapausta, jossa hajautetut resurssit voivat olla etäällä kulutuspisteestä, kuten aurinkovoimala kesämökillä ja kulutuspiste kaupunkiasunnossa. Yhtenä esimerkkitapauksena on pohdinta mökki- ja kaupunkiasuntoskenaariosta: voiko asiakas hyödyntää mökillä tuottamaansa ylijäämäenergiaa kaupunkiasunnossaan? Tämän toisaalla ylijäämäenergian hyödyntämisen mahdollistaa se, että hajautetussa energiayhteisössä hyödynnetään olemassa olevaa jakelu- ja siirtoverkkoa tuotannon siirtämiseen. Kuvassa 3 on esitetty tyypillinen hajautetun energiayhteisön rakenne (TEM, 2018).



Kuva 3. Tyypillinen hajautetun energiayhteisön rakenne (TEM, 2018).

Kuvassa 3 tuotantopaikka sijaitsee Etelä-Suomessa. Paneelin tuottama energia siirretään käyttöpaikoille eri puolelle Suomea jakelu- ja siirtoverkkoa sekä datahubia hyödyntäen. Datahubin tavoite on nopeuttaa, yksinkertaistaa, parantaa ja tehostaa kaikkien sähkömarkkinoiden osapuolten toimintaa, kun erilaiset sähkön käyttöön liittyvät ydintiedot sijaitsevan yhdessä paikassa ja kaikki prosessit liittyen tiedonvaihtoon hoidetaan datahubin kautta. Datahubin toiminnallisuksia hyödyntäen varmistetaan, että tiedot osapuolten välillä tieto välittyy luotettavasti ja turvallisesti. Erityisen tärkeää on se, että varmistetaan siitä, että tiedon saa vain ja ainoastaan se osapuoli, jolla on oikeus vastaanottaa tieto. (Fingrid, 2019a)

Hajautetut energiayhteisöt luovat asiakkaille mahdollisuuden hyödyntää itsetuotettua energiaa, vaikka kulutuspaikan olosuhteet eivät sallisi energialähteiden optimaalisia asennuksia. Rajoittavina tekijöinä voivat olla muun muassa tarkat maankäyttö- tai rakennusluvut tai huono ympäristö aurinkopaneeleille – esimerkiksi katon pinta-ala väärällä puolella hyödyntääkseen aurinkopaneeleita täydellä potentiaalilla. Hajautettu energiayhteisö saattaa mahdollistaa suuremmat tuotannon kapasiteetit, kun tuotanto sijoitetaan optimoidusti etäälle. Tämä johtaisi kannattavampaan investointiin, sillä investoinnin hyöty on suurempi, kuin mitä se olisi esimerkiksi kiinteistön sisäisessä energiayhteisössä. (TEM, 2018)

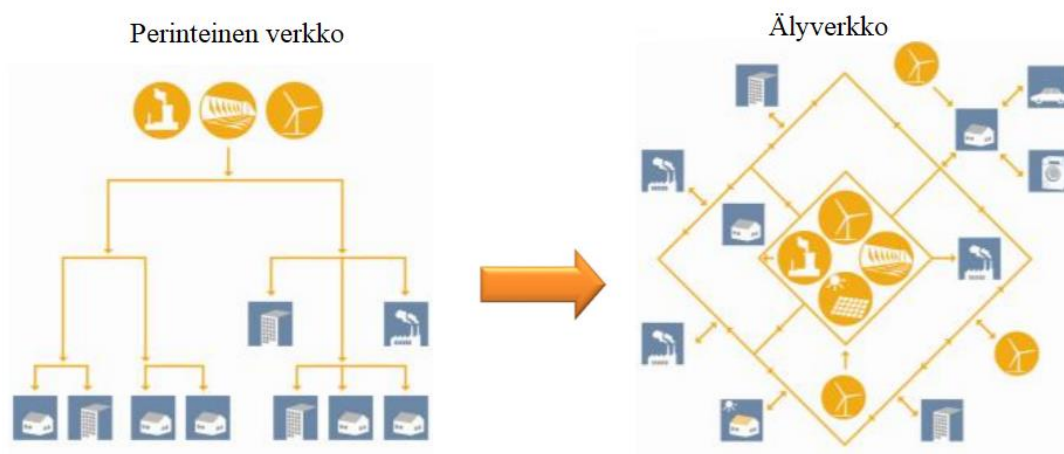
Hajautetun energiayhteisön sähkökäyttöpisteet voivat sijaita eri jakeluverkonhaltijan alueilla. Hajautetun energiayhteisön hajautetut resurssit: tuotanto, kulutus ja varastot mitataan käyttöpaikoittain erikseen. Tämä johtaa siihen, että jokaisella eri alueeseen kuuluvalla jäsenellä tai tuotanto- tai kulutuspisteellä pitää olla erillinen verkkopalvelusopimus paikallisen jakeluverkkoyhtiön kanssa. Hajautettu energiayhteisö hyödyntää yleistä sähköverkkoa, joten sen tulee maksaa verkon käytöstä yleisten periaatteiden mukaisesti. Lisäksi sähköverotus toteutetaan voimassa olevan verotuskäytännön mukaisesti. Olisi epäoikeudenmukaista kohtelua asiakkaille, jos energiayhteisön jäsenillä olisi erilainen kohtelu liittyen jakelumaksuihin ja veroihin. (TEM, 2018)

3 ÄLYKKÄÄN SÄHKÖJÄRJESTELMÄN HYÖDYNTÄMINEN ENERGIAYHTEISÖISSÄ

Älyverkolla eli älykkäällä sähköjärjestelmällä tarkoitetaan digitalisaatiota hyödyntävää sähköjärjestelmää. Älyverkot mahdollistavat asiakkaan monipuolisemman osallistumisen sähkömarkkinoille, parantavat sähkön toimitusvarmuutta ja luovat uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Suomalainen sähköjärjestelmä on merkittävän murroksen edessä. Lisääntyvä uusiutuva energia ja säästä riippuvainen vaihteleva tuotanto muuttavat sähköjärjestelmän ja sähkömarkkinoiden toimintalogiikkaa. Nykyisin tehotasapainon ylläpidossa tuotantoa säädetään vastaamaan kulutusta, mutta tulevaisuudessa vaihtelevan tuotannon lisääntyessä myös kulutusta joudutaan säättämään entistä enemmän. Hajautetut resurssit muodostavat monimutkaisen kokonaisuuden, jonka hallinnoiminen on hankalaa ilman automatiikkaa ja tehokasta tiedonvaihtoa eri osapuolten kesken. Tulevaisuudessa älykkään sähköverkon tavoite on toimia alustana, jonka avulla tuotanto ja kulutus yhdistetään kustannustehokkaalla tavalla. (TEM, 2018)

Teknologian kehityksen ja digitalisaation myötä sähköjärjestelmien älykkyys lisääntyy ja täten niitä saadaan sopeutumaan kustannustehokkaasti uusiutuvaan, säästä riippuvaan sähköntuotantoon perustuvaan energiatuotantoon. Älyverkoilla tarkkaillaan sähkön virtaamista ja optimoidaan jatkuvasti sähkön kulutusta ja tuotantoa. Älyverkon hyötynä on se, että sähkö voidaan aina tuottaa ja kuluttaa siellä, missä se on kannattavinta. Esimerkiksi aurinkopaneeleilla tuotettu sähkö voidaan myydä suoraan sähkömarkkinoille tai vaihtoehtoisesti varastoida sähkövarastoon myöhempää käyttöä varten. Älyverkoilla tulee olemaan tärkeä rooli tulevaisuudessa toimitusvarmuuden ylläpidossa, sillä ne edistävät tehotasapainon hallintaa tarjoamalla tarkempaa ja reaaliaikaisempaa tietoa sähkön kulutuksesta ja tuotannosta. Älyverkot myös tarjoavat uusia työkaluja sähkömarkkinoiden käyttöön. Älyverkot siis mahdollistavat osaltaan kustannustehokkaan siirtymisen kohti energiamurrosta eli vihreämpään sähköntuotantoon perustuvaa sähköjärjestelmää (Fingrid, 2019c).

Asiakkaiden mahdollisuudet osallistua sähkömarkkinoille parantuvat älyverkkojen avulla. Älyverkot toimivat täten alustana energiayhteisötoiminnalle – älyverkon ansiosta energiayhteisöihin osallistuminen on lähestyttävämpää. Asiakkailta on enemmän valinnanvapauksia muun muassa pientuotannon ja kulutusjoustopäätösten sekä arvoihin liittyvien valintojen osalta, sillä älyverkko toimii alustana uusille, innovatiivisille sähkөөn liittyville palveluille. Kuvassa 4 on havainnollistettu perinteinen sähköverkko ja älyverkko.

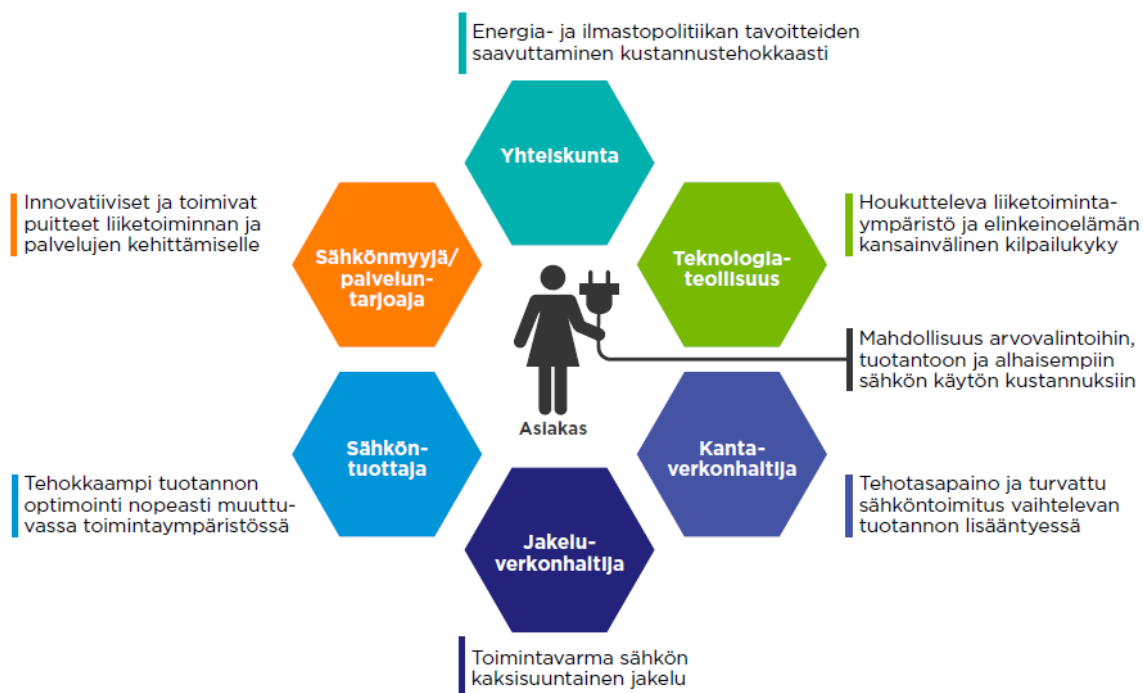


Kuva 4. Perinteinen sähköverkko sekä älyverkko. (ABB, 2008)

Perinteisellä sähköverkolla on ominaisuutena keskitetty sähköntuotanto. Älyverkoilla on keskitetty ja hajautettu sähköntuotanto, mikä helpottaa uusiutuvien energianlähteiden hyödyntämistä. Perinteisellä sähköverkolla on yksisuuntainen tehovirtaus – kun taas älyverkossa on monisuuntainen virtaus, jota voidaan hallita. Perinteisen sähköverkon toiminta perustuu vanhaan tietoon, kun taas älyverkolla reaaliaikaiseen dataan. Tämän perusteella älyverkoilla voidaan integroida hajautettuja resursseja eri markkinoille, kun taas perinteisellä sähköverkolla on heikko markkinaintegraatiomahdollisuus.

3.1 Älyverkkotyöryhmä

Älyverkkotyöryhmän selvitystyö alkoi luomalla visio tulevaisuuden sähköjärjestelmästä – tehtiin ensin maali ja sitten pohdittiin polku sinne. Älykäs sähköjärjestelmä nähdään kustannustehokkaana palvelualustana, joka vastaa asiakkaiden ja yhteiskunnan tarpeisiin. Yhteiskunnan tarpeet tiivistyvät seuraaviin asioihin: halutaan ympäristöystävällistä sähköä, vastauksia ilmastonmuutoksen torjuntaan, kustannustehokkuutta, säilyttää kansalaisten hyvinvointi sekä teollisuuden kilpailukyky ja toimitusvarmuus. Erityisen tärkeää on pyrkiä säilyttämään nykyinen hyvä toimitusvarmuus myös tulevaisuudessa. Näitä tavoitteita pyritään ratkaisemaan mahdollisimman kustannustehokkaasti ja älykäs sähköjärjestelmä on työkalu, jolla varmistetaan kustannustehokkuus. Työryhmän visiossa asiakas on nostettu keskiöön, asiakkaille tavoitellaan uusia mahdollisuuksia. Asiakkaille annetaan mahdollisuus itse valita muun muassa se, miten halutaan sähköä käyttää tai tuottaa. Halutaan luoda uudenlaisia toimintamahdollisuuksia, mahdollisuus arvovalintoihin sekä mahdollisuus aktiivisuuteen ja sitä kautta alhaisempia sähkökäytön kustannuksia. Alhaisemmilla kustannuksilla tarkoitetaan mahdollisuutta vaikuttaa tulevaisuudessa omiin kustannuksiinsa, ei suoraviivaisesti alhaisempia kustannuksia kuin nykypäivänä. Kuvassa 5 on havainnollistettu älyverkkotyöryhmän tulevaisuuden visiota älyverkosta.



Kuva 5. Älyverkkotyöryhmän tulevaisuuden visio älyverkoista (TEM, 2018)

Asiakkaan lisäksi keskeisiä toimijoita ovat verkkotoimijat: jakeluverkon- ja kantaverkonhaltijat, joille halutaan luoda uudenlaisia keinoja varmistaa toimitusvarmuus. Kantaverkonhaltijalle halutaan luoda keino hallita tehotasapainoa ja jakeluverkonhaltijoille mahdollisuus taata toimitusvarma kaksisuuntainen jakelu. Sähkönmyyjille ja muille palveluntarjoajille halutaan luoda innovatiiviset ja toimivat puitteet kehittää liiketoimintaa ja luoda erilaisia palveluita asiakkaille. Tulevaisuuden päämäärä on kannustaa asiakkaita aktiivisuuteen. Tämä tarkoittaa muun muassa sitä, että tulevaisuudessa asiakkaat ostavat erilaisia palveluita sähkön hankinnan ohessa, perinteisen vain ja ainoastaan sähkön sijaan. Aktiivisuuden pitää olla asiakkaille helppoa ja vaivatonta. Tulevaisuuden visiossa tämä toteutuu liiketoimintamurroksen kautta – tulevaisuudessa sähkönmyyjät eivät myy pelkkää energiaa vaan myös palveluita asiakkaille. Esimerkiksi energia on osa sähkönmyyjän liiketoimintaa, mutta mukana voi tulla muun muassa kysyntäjoustoja, omaa tuotantoa, turvallisuutta, asumisviihtyvyyttä – asiakkaille halutaan mahdollistaa erilaisten arvojen valinta ja niihin vaikuttaminen. Älyverkkotyöryhmän yhtenä tavoitteena oli luoda puitteet sille, että edellä mainittu liiketoimintamalli olisi mahdollista Suomessa (TEM, 2018).

Sähköntuottajille halutaan luoda toimintaympäristö, jossa ne pystyvät optimoimaan uusia tuotantomuotoja, joihin liittyy tuotannon vaihtelevuutta muun muassa säätilojen takia. Lisäksi halutaan luoda mahdollisuuksia hallita omaa sähköasettaan. Teknologiateollisuudelle halutaan luoda toimiva kotimarkkina: jotta voitaisiin osallistua kansainväliseen kilpailuun, luoda uutta vientiä, ensin täytyy olla kotimarkkina, jolla haetaan kokemusta ja osoitusta tuotteiden ja palveluiden toimivuuden osalta. Yhteiskunta on sitoutunut vahvasti energia- ja ilmastopoliittisiin tavoitteisiin, ilmastonmuutoksen torjumiseen ja toimitusvarmuuteen. Älykäs sähköjärjestelmä on yhteiskunnalle keino saavuttaa nämä tavoitteet. Työryhmä tiivisti keinot kahteen periaatteeseen: markkinaehtoiseen kysyntäjoustoan ja asiakkaan valintamahdollisuuksiin. Sääntelyn tulee mahdollistaa ja luoda puitteet markkinoiden toimimiselle ja markkinat itsessään ratkaisevat kustannustehokkaimmat tavat toimia, unohtamatta ”asiakas keskiössä”-periaatetta – tukevatko valinnat asiakkaan mahdollisuuksia. Älyverkkotyöryhmän selvityksessä ehdotukset jakautuvat neljään tavoitteeseen: selkeytetään sähkömarkkinaroolit ja -pelisäännöt, mahdollistetaan markkinaehtoiset kannusteet, luodaan riittävät tekniset edellytykset sekä lisätään toimialarajat ylittävää yhteistyötä.

Sähkömarkkinaroolien ja -pelisääntöjen selkeyttämisessä tunnistettiin, että sähkömarkkinoilla on tapahtumassa liiketoimintamurros: aletaan myymään palveluita perinteisen sähkön sijaan ja tämä luo uudenlaisen kilpailun ja uudenlaisia toimijoita. Sääntelyn pitää ensisijaisesti selkeyttää roolit ja luoda tasapuoliset pelisäännöt – selkeyttämisellä tarkoitetaan myyjän ja verkonhaltijan roolien selkeyttämistä. Työryhmä uskoo markkinaehtoisuuteen, kysyntäjoustopalvelut ovat liiketoimintaa. Asiakkaalla tulee olla mahdollisuus osallistua kysyntäjoustoan itse tai markkinatoimijan kautta. Tulevaisuudessa verkonhaltija ei ole se osapuoli, joka ohjaa asiakkaan kuormia. Jakeluverkkoyhtiöiden toteuttamasta kuormanohjauksesta luovutaan hallitusti ja siirrytään markkinaehtoiseen ohjaukseen. Aikaraja siirtymälle on 30.4.2021, jonka jälkeen asiakkaan kuormanohjauksesta sopii asiakas ja asiakkaan valitsema palveluntarjoaja – ei enää verkonhaltija. Jotta uusia palveluita alkaa kehittymään ja on varmuus investoida siihen, on toimijoiden roolien oltava selkeät. Tämä muutos tarkoittaa sitä, että jos nykyisen kaltaista ohjausta, ei-markkinaehtoista yöohjausta, halutaan jatkaa, sopivat siitä myyjä ja asiakas keskenään. Myyjä ilmoittaa hyvissä ajoin verkolle ohjaustoiminnan jatkamisesta ja muuttamisesta. Vielä ei ole ilmoitustapaa, mutta Energiategollisuus ry:n (ET) kehitysryhmä valmistelee ohjeistusta. Jos asiakkaan myyjä tai muu palveluntarjoaja ei ilmoita verkkoyhtiölle ohjauksen jatkamisesta, ohjauspalvelu loppuu viimeistään 30.4.2021. Sähkönmyyjien vastuulle jää muutoksen asiakasystävällisen toteutuksen varmistaminen (Adato, 2019).

Energiamurros muuttaa asiakkaiden kulutuskäyttäytymistä ja muuttaa siten sähköverkkojen suunnittelua ja käyttötoimintaa. Verkon erilaiset vikatilanteet, pullonkaulatilanteet sekä jännitteen- ja loistehonhallinta vaativat uudenlaisia toimintatapoja – esimerkiksi kulutusjoustoja ja varastointia. Sääntelyn tulisi ohjata yhteiskunnan kannalta optimaaliseen ratkaisuun, jossa arvotettaisiin investointeja ja muita tapoja saman arvoisesti, jolloin verkkoyhtiöillä olisi laajempi keinovalikoima ja verkkoyhtiö voisi itse pohdiskella miten toimitusvarmuutta saataisiin kustannustehokkaammaksi. Verkkosääntelyä tulisi muuttaa niin, että se mahdollistaa ja ohjaa hyödyntämään uudenlaisia tapoja. Energiavirasto selvitti eri maiden kokemuksia siitä, minkälaisia valvontakokemuksia löytyy liittyen jouston huomiointiin. Energiategollisuus ry näkee tulevaisuuden samanlaisena – uudet mahdollisuudet ja tarpeet tunnistetaan. Korostetaan sitä, jos valvontamalliin tehdään muutoksia, tulee ne tehdä

varovaisesti, koska sähköverkkoon investoidaan paljon. Tulisi välttää muutoksia, jotka luovat epävarmuuksia toimintaympäristöön ja huomioida voimassa olevat valvontajaksot. (Adato, 2019)

Seuraavan sukupolven sähköenergiamittarit ovat yksi keskeisimmistä lähitulevaisuuden siirtymistä kohti energiamurrosta. Suomessa ensimmäiset jakeluverkkoyhtiöt ovat jo siinä vaiheessa, että näitä seuraavan sukupolven sähköenergiamittareita aletaan asentamaan. Säätelyssä tulee selkeästi määritellä, mitä niiltä halutaan. Tulevaisuudessa mittarit on hyvä olla muuttuviin tarpeisiin joustavia mittareita (Adato, 2019) Älyverkkotyöryhmä näkee, että tulevaisuuden mittareilta halutaan vähimmäistoiminnallisuuksiksi seuraavia (TEM, 2018):

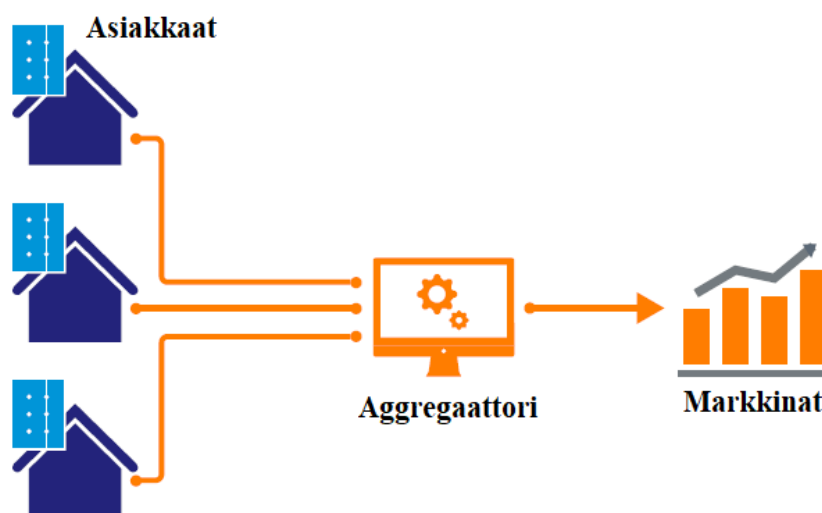
- 1) *Vähintään taseselvitysjakson mukainen energiatiedon rekisteröintitiheys ja rekisteröintitiheys tulee olla päivitettävissä etäyhteydellä*
- 2) *Päätö- ja loistehon sekä energian mittausta ja rekisteröintiä vaihekohtaisesti*
- 3) *Hetkellisten tehollisarvojen mittausta: päätö- ja loisteho, jännite ja virta*
- 4) *Verkosta oton ja verkkoon annon mittausta vaihekohtaisesti erikseen (ei netotusta mittarilla)*
- 5) *Myös alle kolmen minuutin pituisten jännitteettömien aikojen rekisteröinti*
- 6) *Mittauslaitteen toiminnallisuutta määrittelevien ohjelmistojen etäpäivitettävyys*
- 7) *Etäkatkaisu- ja kytkentätoiminnallisuus, ei sovelleta virtamuuntajamittareille*
- 8) *Paikallinen yleisesti käytössä oleva yksisuuntainen fyysinen tiedonsiirtoväylä, jonka kautta yllä mainitut tiedot tulee saada asiakkaan käytettäväksi – tiedonsiirron päivitystaajuus rajattu enintään 5 sekuntiin*
- 9) *Kuormanohjaustoiminnallisuus niille toimijoille, joilla on merkittäviä ohjattavia kuormia*

Etäpäivitettävyys on tärkeä asia seuraavan sukupolven mittareissa – rekisteröintitiheys täytyy olla etäpäivitettävä. Yksi tulevaisuuden pohdittava asia on se, että paljonko mittarin muistilta vaaditaan, että etäpäivitettävyys on mahdollista ja optimoitua. Uusia mitattavia suureita ovat muun muassa hetkellisten tehollisarvojen mittausta. Verkosta otto ja verkkoon anto mitattaisiin netottamatta vaihekohtaisesti eli jos netotusta halutaan, se tehdään myöhemmin järjestelmissä. Etäkatkaisuominaisuus halutaan pakollisena kaikkiin suoriin mittauksiin. Pitää olla yksisuuntainen fyysinen tiedonsiirtoväylä ja verkonhaltijan

tulee sitä kautta saattaa asiakkaan käytettäväksi edellä mainitut suureet. Sitä miten asiakas näitä käyttää siitä eteenpäin, on asiakkaan ja palveluntarjoajan välinen asia. Vuonna 2017 on arvioitu etämittareiden perässä olevan noin 1800 MW ohjattavaa kuormaa (TEM, 2017) – pohdittavaksi jää, mitä tälle tapahtuu seuraavan sukupolven mittareihin siirtyessä, poistuuko se mittarien perästä ja siirtyy erilaisten kotiautomaatioiden ohjattavaksi vai säilyykö se.

3.2 Aggregaattorit

Aggregaattorilla tarkoitetaan markkinaosapuolta, jonka tehtävänä on yhdistää useiden eri asiakkaiden kulutusta, tuotantoa tai varastoja suuremmaksi kokonaisuudeksi. Lisäksi aggregaattori huolehtii teknisestä toteutuksesta käydäkseen kauppaa kyseisillä resursseilla sähkön eri markkinapaikoilla. Aggregaattorit siis tekevät sitä, mitä sähkönmyyjä tekee tänä päivänä asiakkaan sähkönhankinnoille. Aggregaattorit täten mahdollistavat myös pienen asiakkaan osallistumisen sähkömarkkinoille. Aggregaattori voi toimia joustopalveluntarjoajana, jolloin toiminnalla on mahdollista vähentää kulutusta kulutushuippujen aikana korkean hinnan aikana ja päinvastoin lisätä kulutusta, kun tarjontaa on runsaasti ja hinta matalana. Kuvassa 6 on havainnollistettuna tyypillinen aggregaattorin toimintamalli.



Kuva 6. Aggregaattori on markkinaosapuoli, joka yhdistää useiden eri asiakkaiden kulutusta, tuotantoa tai varastoa suuremmaksi kokonaisuudeksi ja vie kokonaisuuden sähkön eri markkinapaikoille (TEM, 2018).

Itsenäinen aggregaattori on aggregaattoritoimija, joka aggregoi resursseja asiakkailta, joiden sähkön myyjä tai tasevastaava ei itse ole, eli on niin sanotusti taseketjun

ulkopuolella. Itsenäisen aggregaattorin tulo sähkömarkkinoille kasvattaa asiakkaan valinnanmahdollisuuksia uusien teknologioiden kautta ja lisää sähkömarkkinoilla uusia ansaintatapoja. Kaikkien aggregaattoreiden tulee vastata tasevirheestään tasesääntöjen mukaisesti ja toimitus on voitava todentaa: ilmaa ei voi myydä. Lisäksi mahdolliset tasevirheet tulee huomioida. Tasevastuu on keskeinen periaate sähkömarkkinoilla – jokaisen tasevastaavan tulee tasapainottaa asiakkaidensa sähkön hankinta ja sähkön kulutus jokaisella tasejaksolla. Jos tasevastaava ei ole tasapainossa, syntyy tarve tehdä säätöjä sähköjärjestelmässä, tuotannon tai kulutuksen lisäämistä tai vähentämistä, kulutuksen ja tuotannon tasapainottamiseksi. Itsenäisen aggregaattorin toimilla tasejakson aikana saattaa olla vaikutusta tasevastaavan vastuisiin ja kustannuksiin, minkä takia vaikutuksia ja tasapuolisuutta täytyy punnita eri osapuolten välillä (TEM, 2018).

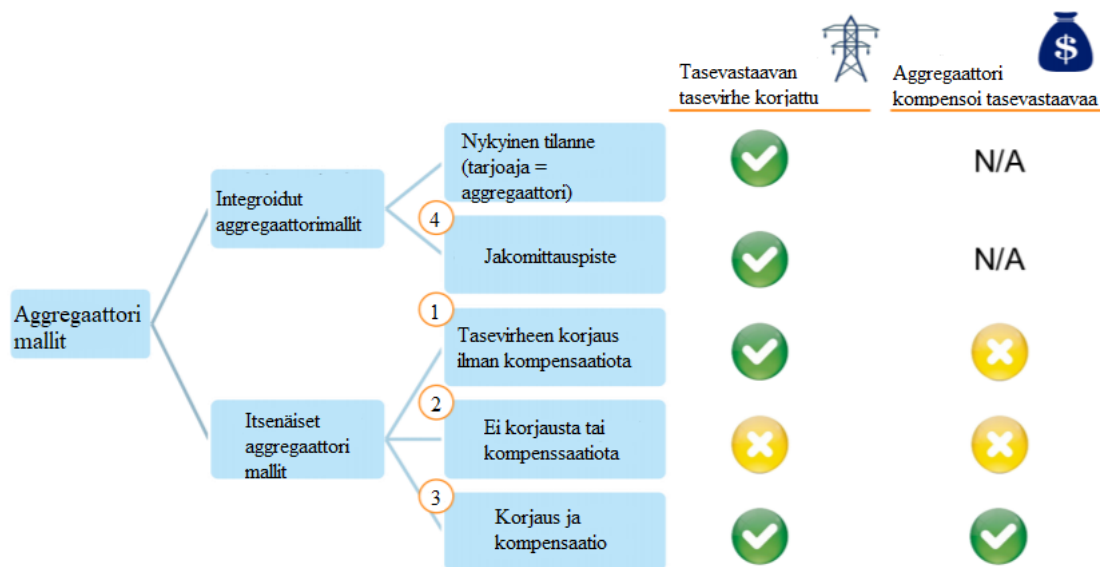
Jatkuvasti kehittyvä ja älykkäämmäksi muuttuva sähkömarkkina vaatii enemmän joustavuutta, sillä uusiutuvien, epäsäännöllisten energialähteiden kapasiteetti on nousussa. Aggregaattoripalveluiden kehittäminen on yksi tavoista parantaa joustavuutta markkinoilla ja lisäksi aggregaattorit mahdollistavat markkinaosapuolten resurssien ryhmittämistä vapaammin, kuin tällä hetkellä on mahdollista. Aggregaattorit helpottavat yksittäisten pienten toimijoiden, esimerkiksi kotitalouksien, resurssien tuomista markkinoille. Markkinaosapuolet, kuten sähköntarjoajat tai tasevastaavat voivat ryhtyä aggregaattoreiksi ja aggregaattoripalveluiden kehittyessä uusia markkinatoimijoita voi syntyä (Energinet & al., 2016).

Eri markkinapaikoilla voi olla erilaisia toimintamalleja tasevirheen käsittelylle. Älyverkkotyöryhmä on teettänyt selvityksen, jossa ne on jaettu seuraaviin neljään malliin: 1) tasevirheen korjaus ilman kompensatiota, 2) ei tasevirheen korjausta tai kompensatiota, 3) tasevirheen korjaus ja kompensatio sekä 4) erillismittauspiste. Isoin ero eri mallien välillä on sähköntarjoajan tai tasevastaavan kohtelu liittyen tasevirheen korjaukseen ja kompensatioon. Tasevastuulla tarkoitetaan sitä, että jokaisen markkinaosapuolen on jatkuvasti huolehdittava taseestaan – pitää olla tasapaino tuotannon ja myynnin välillä sekä kulutuksen ja hankinnan välillä taseselvityksen ajanjaksolla. (Pöyry, 2018).

Tasevirheen korjaus ilman kompensatiota on malli, jossa on puolueeton osapuoli, joka korjaa tasevastaavan tasevirheet kulutusjoustop mukaisesti. Siirtoverkonhaltijan

markkinoiden tapauksessa luonnollinen osapuoli korjaukseen on siirtoverkonhaltija itse, mutta spot-markkinoilla ja Elbas-markkinoilla voi olla tasevirheen korjaukseen vastuun ottamiseen muitakin toimijoita. Tämä toteutetaan lisäämällä taseselvityksen prosessin alkuun ylimääräinen vaihe. Tasevastaavalle ei makseta mitään kompensatiota miltään markkinaosapuolelta. ”Ei tasevirheen korjausta tai kompensatiota” -mallissa ei ole nimensä mukaisesti tasevirheen korjausta, jolloin ei ole lisävaiheita taseselvityksen prosessissa verrattuna nykyiseen prosessiin. Tasevastaava saa kompensaaion taseselvityksen kautta, mikä tarkoittaa tasevastaavan kompensatiokustannusten jakautumista kaikille osapuolille taseselvityksessä. Tasevirheen korjaus ja kompensatio -mallissa siirtoverkonhaltija korjaa tasevastaavan tasevirheet perustuen kysyntäjoustoon samalla tavalla kuin ensimmäisessä mallissa. Lisäksi aggregaattori kompensoi tasevastaavalle ennalta määrätyn viitehinnan. Viitehintaa voi määräytyä useiden erilaisten mallien avulla: spot-hinta, spot-hinta ja esimerkiksi regulaattorin määrittelemä marginaali tai jälleenmyyntihinnasta, joka sisältää spot-hinnan ja tarjoajan marginaalin. (Pöyry, 2018)

Erillismittauspisteen mallissa aggregaattori voi tarjota kysynnän joustavan osan esimerkiksi sähköautolle tai sähkölämmitykselle ja perinteinen tarjoaja toimittaa lopun tarvittavan sähkön. Asiakkaalla on tässä mallissa kaksi tasevastuun tarjoajaa. Malli vaatii erillistä mittausta joustavalle ja muulle kuormalle, mikä johtaa korkeisiin alkuinvestointikustannuksiin. Malli ei aseta tahattomia kustannuksia muille asiakkaille, koska aggregaattorin pitää huolehtia tasevastuustaan. Toisaalta vaatimus tasevastaavana olemisena tarkoittaa mallille sitä, että malli ei ole itsenäinen aggregaattori vaan integroitu aggregaattori. Kuvassa 7 on havainnollistettu Suomessa käytössä olevia, edellä mainittuja aggregaattorimalleja.



Kuva 7. Nykyiset käytössä olevat aggregaattorimallit Suomessa, kesäkuu 2018 (Pöyry, 2018).

3.3 Tuotantomuodot

Tässä kappaleessa esitellään lyhyesti erilaisia tuotantomuotoja, keskittyen energiayhteisöissä käytettäviin energialähteisiin. Suomi on yksi maailman johtavista maista uusiutuvien energialähteiden ja erityisesti bioenergian hyödyntämisessä. Keskeisinä tavoitteina uusiutuvan energian edistämiseksi on kasvihuonepäästöjen vähentäminen ja irrottautuminen fossiilisiin polttoaineisiin perustuvasta energijärjestelmästä. Energian omavaraisuus sekä työllisyys lisääntyvät, kun uusiutuvaa energiaa otetaan käyttöön. (TEM, 2019)

Suomessa lähes 40 % loppukulutuksesta on uusiutuvia energialähteitä. Kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaisesti vuoteen 2030 mennessä tavoitteena on lisätä uusiutuvan energian käyttöä niin, että uusiutuvan energian osuus energian loppukulutuksesta nousee yli 50 prosenttiin 2020-luvulla. Suomessa tärkeimpinä uusiutuvina energiamuotoina ovat bioenergia – varsinkin metsäteollisuuden sivuvirroista saatavat ja muut pohjoiset polttoaineet, vesivoima, tuulivoima ja maalämpö. Bioenergiaa saadaan myös maatalouden, yhdyskuntien ja teollisuuden biohajoavista jätteistä ja sivuvirroista. Aurinkosähkön kasvu on potentiaalista erityisesti kohteissa, jossa oma tuotanto korvaa verkosta ostettavaa sähköä. Aurinkolämmitystä halutaan hyödyntää täydentävänä järjestelmänä päälämmitysjärjestelmän rinnalla (TEM, 2019).

Energiavirasto on kerännyt pientuotannon dataa Suomessa. Pientuotannolla tarkoitetaan tuotantoa, jossa tuotantoyksiköt ovat alle 1 MW. Vuoden 2017 lopussa sähköverkkoon liitetyn aurinkosähkötuotannon kokonaiskapasiteetti oli noin 70 MW, josta pientuotannon osa oli noin 66 MW. Pientuotantomuodoista erityisesti aurinkosähkön pientuotanto on voimakkaassa kasvussa. Vuoden 2016 loppupuolella aurinkosähkön pientuotannon kapasiteetti oli 27 MW, eli vuoden 2017 aikana kapasiteetti kasvoi 2,5 -kertaiseksi. Taulukossa 1 on esitetty sähkön jakeluverkkoon liitetty sähkön pientuotanto tuotantomuodoittain vuosilta 2016 ja 2017. (Energiavirasto, 2018)

Taulukko 1. Pientuotannon kapasiteetin jakautuminen vuosina 2016 ja 2017. (Energiavirasto, 2018)

Tuotantomuoto	Nimellisteho [MW]	
	31.12.2016	31.12.2017
Bio	15,3	16,3
Aurinko	27,2	66,2
Tuuli	15,5	17,5
Vesi	34,2	36,2
Diesel	37,4	38,2
Muut	2,8	3,3

Tässä työssä keskitytään energiayhteisöiden potentiaaliin ja tuotantomuodoista kiinnostava on erityisesti aurinkovoima. Tuulivoima on myös mahdollisuus energiayhteisötoiminnassa, mutta se aiheuttaa enemmän häiriötä ympäristöön. Suuret tornit voivat olla esimerkiksi naapureille pelottavia – esimerkiksi häiriötilanteessa roottorin osa saattaa irrota ja aiheuttaa tuhoa. Lisäksi tuuliturbiineista voi olla meluhaittaa, kun taas aurinkopaneelit ovat vain visuaalinen näky.

3.3.1 Bioenergia

Suomessa bioenergialla on merkittävä rooli uusiutuvan energian tuotannossa. Merkittävin bioenergian lähde Suomessa on puupohjainen energia eli puupolttoaineet – ne ovat myös

suurin yksittäinen energialähde Suomessa eli niiden osuus energian kokonaiskulutuksesta on suurempi kuin öljyn tai hiilen. Vuonna 2017 biomassan osuus sähkön kokonaishankinnasta Suomessa oli 17 % (Bioenergia.fi, 2019).

Suomessa puupohjainen energia pohjautuu erityisesti metsäteollisuuden ja metsänhoidon sivuvirtoihin. Puunjalostusteollisuudesta aiheutuvat sivuvirrat eli mustalipeä, puun kuori ja sahanpuru on hyödynnetty jo pitkään energiaksi. Myös hakkuiden ja metsähoitotöiden yhteydessä korjattavista hakkuutähteistä ja metsähakkeesta tuotetaan sähköä ja lämpöä. Lisäksi useat puutuotteet ja puiset rakenteet voidaan elinkaarensa lopuksi hyödyntää energiana (MMM, 2018).

Kuivia, selluloosapitoisia peltobiomassoja esimerkiksi ruokohelpeä, olkea ja viljan lajittelujätteitä voidaan polttaa joko sellaisenaan tai muuhun polttoaineeseen sekoitettuna. Kotieläintuotannon lanta voidaan kaasuttaa biokaasuksi ja täten hyödyntää energiana. Biokaasua voidaan tuottaa mädättämällä biomassoja hapettomissa olosuhteissa. Lisäksi kierrätys- ja polttoaineiden biohajoava osa luetaan bioenergiaksi - esimerkiksi kalanjalostuksen öljyjätettä tai elintarviketeollisuuden tähteitä voidaan jalostaa energiaksi. (MMM, 2018)

3.3.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähkön tuottaminen perustuu auringon säteilyenergian hyödyntämiseen. Auringonsäteily koostuu fotoneista, eli hiukkasista, jotka kuljettavat auringon säteilyenergiaa. Aurinkokennoihin osuessa fotonien energia luovutetaan kennojen materiaalin elektroneille. Fotoneilta energiaa saaneet elektronit muodostavat sähkövirran aurinkokennojen virtajohtimiin. Aurinkopaneelit muodostuvat sarjaan ja/tai rinnan kytketyistä aurinkokennoista, jotka koteloidaan paneelikehyksen avulla siten, että kennon eteen sijoitetaan auringonsäteilyä läpäisevä suojalasi. Aurinkopaneeleita on saatavilla erilaisina ja moniin käyttötarkoituksiin (Motiva, 2017a).

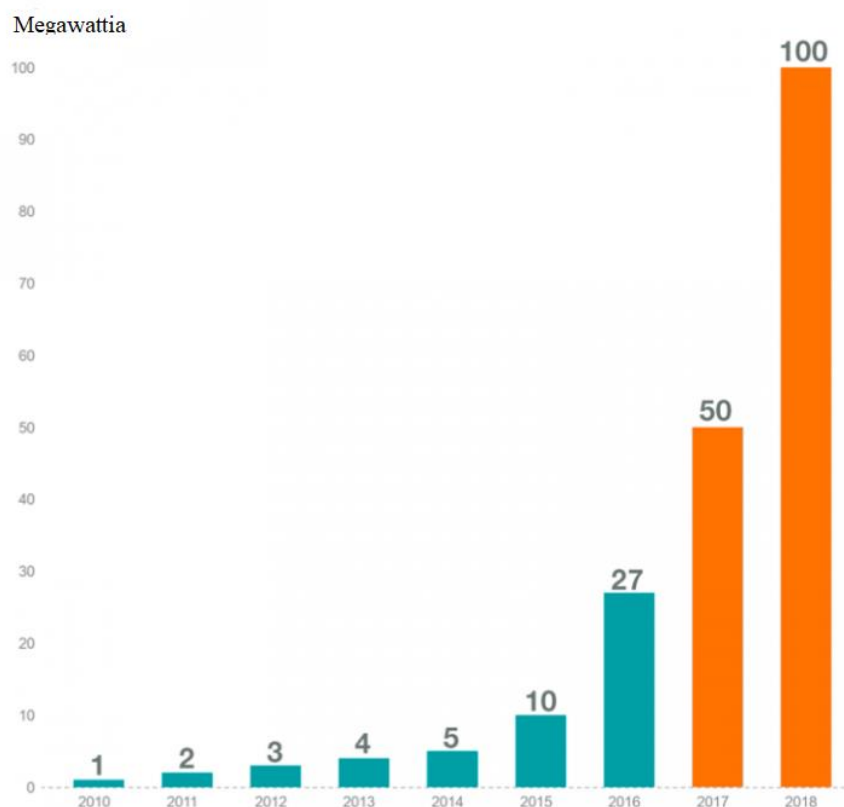
Aurinkokennoilta saadaan erilaisten kytkentöjen avulla muodostettua halutun suuruinen jännite ja virta. Aurinkopaneelien jännite on sarjaankytkettyjen aurinkokennojen jännitteiden summa. Rinnankytkennässä kokonaisvirta on rinnankytkettyjen kennojen yhteenlaskettu virta. Aurinkopaneeli tuottaa tasasähköä – yleisessä sähköverkossa virtaavan vaihtosähkön sijaan. Paneelin tuottamaa tasasähköä voidaan hyödyntää

kuitenkin käyttökohteissa: tasasähkö voidaan hyödyntää tasasähköä käyttävissä sähkölaitteissa, joka on yleistä kohteissa, joita ei ole liitetty sähköverkkoon. Invertterin avulla tasasähkö voidaan muuttaa vaihtosähköksi ja hyödyntää vaihtosähköä käyttävissä laitteissa – yleistä sähköverkkoon liitetyissä kohteissa. Kolmantena aurinkosähkö voidaan hyödyntää varastoimalla akkuihin, jos tasasähköä ei voida käyttää hetkellisesti sähkölaitteissa ja akuista sähkö puretaan tarvittaessa. (Motiva, 2017a)

Aurinkosähkö on viime vuosina ollut huimassa kasvussa. Pientuotannossa aurinkosähkö 2,5 -kertaistui vuosina 2016 – 2017. Syy tähän on halventuneet yksikköhinnat ja ilmastonmuutokseen itse vaikuttaminen – halutaan näyttää esimerkkiä asentamalla omia aurinkopaneeleita. Tämä saattaa luoda efektin, jossa esimerkiksi naapuruston yksi asukas asentaa oman aurinkopaneelin ja tällä motivoi muut osallistumaan tuotantoon. Suomessa on yli puoli miljoonaa kesämökkiä (Tilastokeskus, 2017), joissa osassa on off-grid aurinkopaneelijärjestelmä. Off-grid tarkoittaa irtautumista sähköverkosta ja omavaraisuuteen tähtäävää elämäntapaa (Helen, 2015). Off-grid aurinkopaneelien kapasiteetti Suomessa on arvoitu olevan 10 MW ja se kasvaa vuosittain 0,3 MW. 2010 lähtien verkkoon kytkettyjen aurinkopaneelien määrä on ollut nousussa ja nykypäivänä verkkoon kytkettyjen systeemien määrä oli yli tuplasti isompi kuin off-grid kapasiteetti. (Energinet & al., 2016)

Suomi on aurinkoenergian tuotantopotentiaaliltaan Keski-Euroopan maiden veroinen maa – vastoin yleistä kuvaa pohjoisesta ja pimeästä kolkasta. Pimeitä talvia kompensoi valoisa kesä, jolloin aurinkoa riittää lähes vuorokauden ympäri. LUT:n tutkijaopettaja Antti Kososen mukaan: ”Suomen etuna on matala ympäristön lämpötila, joka parantaa aurinkokennojen hyötysuhdetta. Aurinkopaneelit kestävät myös lumikuormaa, jos ne asennetaan ohjeiden mukaisesti. Järjestelmän voi myös kytkeä sähköverkon rinnalle, ja laitteet ovat melko edullisia ja helppoja asentaa”. Alkuinvestoinnin – aurinkopaneelien hankkimisen ja asentamisen jälkeen aurinkoenergian tuottaminen on ilmaista. Auringossa on monia etuja: sitä riittää, sen hyödyntäminen ei saastuta eikä sen tuottaminen synnytä melua esimerkiksi naapurien haitaksi. Etelä-Suomessa yhden hehtaarin suuruinen aurinkopaneeli vastaa sähköenergian tuotantopotentiaaliltaan noin 330 hehtaaria metsää, jonka vuotuinen tuotto on kymmenen kuutiota hehtaarilta. (LUT, 2019a)

Aurinkovoiman osuus Suomen sähköntuotannosta on toistaiseksi vain 0,2 % mutta tilanne muuttuu tulevaisuudessa. Vuodesta 2016 lähtien aurinkosähkön verkkoon kytketty kapasiteetti on tuplaantunut vuosittain Suomessa. Arvio vuoden 2018 osalta on jo 100 MW. Jos tämä kasvutahti jatkuu, Suomessa käytetystä sähköenergiasta tuotetaan yksi prosentti aurinkovoimalla vuonna 2022. Kuvassa 8 on esitetty aurinkosähkön kapasiteetti vuosilta 2010 – 2018. (LUT, 2019a).



Kuva 8. Suomessa verkkoon kytketyn aurinkosähkön kapasiteetti megawatteina vuosina 2010 – 2018, vuosien 2017 ja 2018 kapasiteetti on arvioitu. (SLO, 2018)

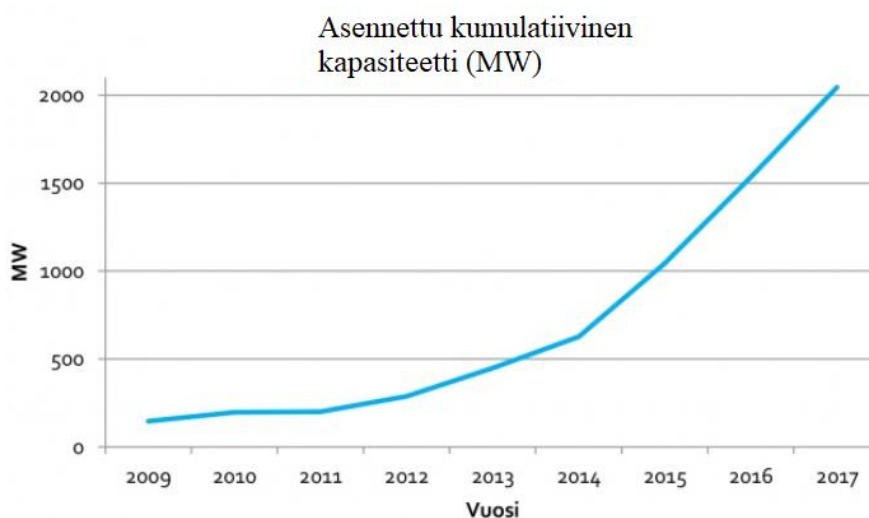
Aurinkosähköllä on energiayhteisöiden näkökulmasta iso potentiaali tulevaisuudessa. Aurinkosähkön kapasiteetin kasvun sekä alentuvien yksikköhintojen myötä energiayhteisötoimintaan mukaan lähteminen on yksittäisille asiakkaille lähestyttävämpää vuosi vuodelta.

3.3.3 Tuulivoima

Suomessa tuulivoimaan panostaminen alkoi myöhemmin kuin monessa muussa Euroopan maassa. Vuodesta 2012–2013 alkaen tuulivoimarakentaminen on päässyt hyvin vauhtiin – vuodesta toiseen rikotaan kansallisia rakennus- ja tuotantotilastoja.

Toistaiseksi viimeiseksi vilkkaan tuulivoimarakentamisen vuodeksi jäänee 2017 ja tämän jälkeen rakentaminen todennäköisesti hiljenee hetkeksi. Vuonna 2018 ei rakennettu tuulivoimaa suuressa mittakaavassa, sillä alhaisesta sähköhinnasta johtuen tuulivoima tarvitsee toistaiseksi yhteiskunnan tukea. Suomessakin tulevaisuudessa käyttöön otettava huutokauppa-malli on yleisin tukimekanismi maailmalla. Tuen kilpailutuksella pyritään etenemään kohti tilannetta, jossa tuulivoimaa voidaan rakentaa ilman tukea sähkön markkinahinnan turvin. (Suomen tuulivoimayhdistys, 2018)

Vuosina 2016 ja 2017 tuulivoima on lisääntynyt paljon Suomessa. Vuonna 2016 rakennettiin yhteensä 182 uutta voimalaa, joiden yhteiskapasiteetti oli 570 MW. Vuonna 2017 rakennettiin 153 tuulivoimalaa nostaten kapasiteettia 516 MW:lla. Vuoden 2017 lopussa Suomen tuulivoimakapasiteetti oli 2044 MW. Kapasiteetilla tuotettiin sähköä 4,8 terawattituntia, joka vastaa 5,6 prosenttia Suomen sähkönkulutuksesta. Kuvassa 9 on esitetty Suomen kumulatiivinen tuulivoimakapasiteetti. (Suomen tuulivoimayhdistys, 2018)



Kuva 9. Asennettu kumulatiivinen tuulivoiman kapasiteetti. (Suomen tuulivoimayhdistys, 2018)

Tuulivoimayhdistyksen määritelmän mukaan pientuulivoimalat ovat voimaloita, joiden potkurin pinta-ala on alle 200 neliometriä. Pientuulivoimalat ovat täten teholtaan vähäisempiä kuin teolliseen tuotantoon käytetyt turbiinit – käytännössä alle 200 m² pinta-alainen potkuri on nimellisteholtaan alle 50 kW. Hyvin sijoitettuna tuuliselle paikalle pientuulivoimala on energiataloudellisesti ja ympäristöystävällisesti hyvä vaihtoehto

hajautettuun energiantuotantoon. Pientuulivoimaloita käytetään muun muassa maataloudessa, kotitalouksissa sekä vapaa-ajan asunnoissa. Usein pientuulivoimaloita käytetään kohteissa, jotka eivät ole sähköverkon piirissä – mutta yhä useammin niitä asennetaan sähköjakelun piirissä oleviin asuntoihin, jolloin pientuulivoimala lisää omavaraisuutta ja pienentää sähkölaskua. (Suomen tuulivoimayhdistys, 2018)

Tuulivoiman pientuotantoa oli kytketystä kapasiteetista arviolta noin 18 MW vuonna 2017. Pientuotanto tuulivoimassa on ollut laskussa vuodesta 2005, vaikka tuulivoiman kapasiteetti on moninkertaistunut muutamassa vuodessa. Tämä on seuraus siitä, että lähes kaikki projektit vuosilta 2005 – 2017 ovat olleet teollisia ja suuren skaalan projekteja. Tuulivoimaprojektien rekisterissä noin 5 prosenttia Suomessa sijaitsevista tuulivoimaloista oli yksityisten omistuksessa vuonna 2005. Täten voidaan olettaa pientuotannon omaan kulutukseen vuosilta 2005 – 2017 olevan vakio. (Energinet & al., 2016)

3.3.4 Vesivoima

Vesivoima on Suomessa merkittävin uusiutuva sähköntuotantomuoto. Energijärjestelmän toimivuuden ja käyttövarmuuden kannalta vesivoimalla on erityinen asema säättöominaisuutensa vuoksi. Energiaa tuotetaan vesivoimalaitoksissa kahden eri vesitason korkeuseroa hyödyntämällä – turbiini pyörittää generaattoria, joka muuntaa veden liike-energian sähköksi. Suomessa on yli 220 vesivoimalaitosta ja näiden yhteenlaskettu teho on noin 3100 MW. Vesivoima jaetaan suur-, pien- ja minivesivoimaan nimellistehon perusteella. Yli 10 MW:n nimellisteholla tarkoitetaan suurvesivoimalaa, 1-10 MW pienvesivoimalaa ja alle 1 MW minivesivoimalaa eli pientuotannon vesivoimalaa. Vesivoiman pientuotannon osuus tuotannosta oli noin 36,2 MW vuonna 2017. (Energiateollisuus, 2018)

Suomen vesivoiman osuus sähköntuotannosta on 10 – 20 prosenttia riippuen vuosittaisesta vesitilanteesta. Vesivoimalla on etuna se, että vettä voidaan varastoida suuriin varastoaltaisiin ja sitä voidaan käyttää sähkönkulutuksen ollessa huipussaan. Vesivoimatuotanto on riippuvainen sääolosuhteista, niin kuin tuuli- ja aurinkoenergia. Varastoitavasta vedestä saattaa olla pulaa vuosina, jolloin sateet ovat vähäisiä tai lumen sulamisvettä kertyy vähän. Normaaleina vesivuosina vesivoimaa on Pohjoismaissa noin

200 terawattituntia, kuivina vuosina tuotanto saattaa jäädä 170 terawattituntiin. Vesivoima keskittyy enemmänkin teollisuuteen, kuin yksittäisten kuluttajien toimintaan, joten sillä ei ole suurta merkitystä energiayhteisötoiminnassa. (Energiateollisuus, 2018)

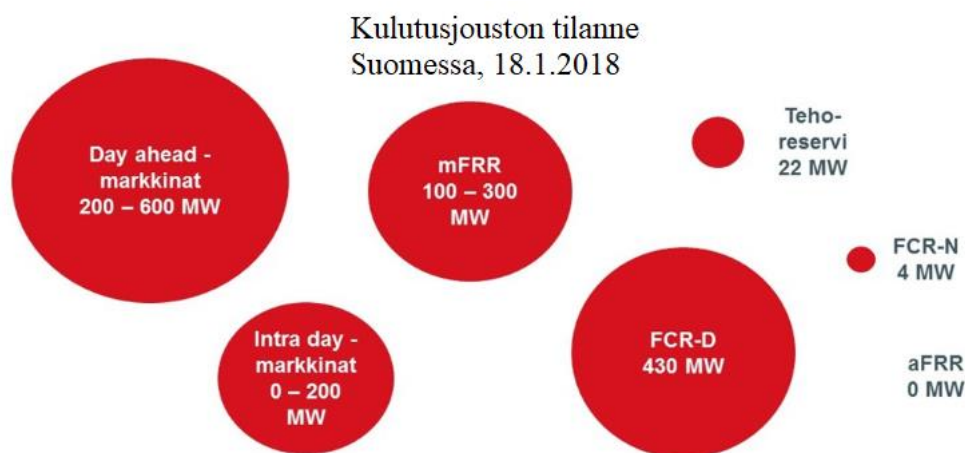
3.4 Kulutusjousto

Kulutusjoustolla tarkoitetaan sähkönkäytön siirtämistä korkean kulutuksen ja hinnan tunneilta edullisempaan ajankohtaan tai käytön hetkellistä muuttamista tehotasapainon hallinnan tarpeisiin. Uusiutuvan energian lisääntyminen luo lisääntyneen tarpeen kulutusjoustolle, koska joustamattoman tuotannon osuus on suurempi. Joustamaton tuotanto asettaa haasteita nykyiselle markkinamallille, jossa vain energialla käydään kauppaa. Nykyisen markkinamallin säilyminen yritetään turvata jatkossakin – kysyntäjouston lisääminen on yksi toimenpide turvaamiselle. Suomessa suurteollisuuden kuormat ovat toimineet tehotasapainon ylläpidossa käytettävänä reserveinä jo pitkään – keskittyen suurteollisuuteen, kuten metsä-, metalli ja kemianteollisuuteen. Kulutusjousto on luonteva mahdollisuus lisätä tarjontaa niin säätösähkö- kuin reservimarkkinoilla. (Fingrid, 2019b)

Tuotannon ja käytön on oltava valtakunnallisesti tasapainossa joka ikinen sekunti – tällöin taataan sähkön luotettava ja turvallinen saanti. Teollisuuden ja kotitalouksien joustavalla sähkön käytöllä ylläpidetään sähköjärjestelmän tasapainoa, kun säästä riippuvat tuotantomuodot, kuten aurinko- ja tuulivoima, yleistyvät. Suomalainen elämänrytmi näkyy vuorokauden kokonaiskulutuksessa. Tällä hetkellä monet kodin suuritehoisista laitteista kuormittavat sähköverkkoa samanaikaisesti – näiden käyttöaikoja voisi automaatiolla siirtää matalahintaisempaan ajankohtaan. Kulutusjoustoa hyödyntämällä sähkönkäyttäjät voivat suorasti vaikuttaa omaan sähkölaskuunsa ja samalla edistää energiatuotannon ympäristötavoitteita. Investoinnit taloautomaatioon, omaan energiantuotantoon kuten aurinkopaneeleihin sekä rakennustekniset parannukset tulevat tulevaisuudessa kannattavammiksi. (Motiva, 2019b)

Aggregaattorit ovat uusi toimija sähkömarkkinoilla, jotka muodostavat pienkulutuksesta ja -tuotannosta isomman kokonaisuuden, joka voidaan viedä markkinoille. Kuluttajan oma pientuotanto voidaan rinnastaa kulutusjoustoön – mikäli pientuotanto reagoi

markkinatilanteeseen ja sillä pienennetään kohteen sähkönottoa verkosta, esimerkiksi rakennusten ja liiketilojen varavoimakoneet. Kulutusjousto osallistuminen saattaa edellyttää alkuinvestointeja yrityksiltä, mutta pitkällä aikavälillä kulutusjousto voi tarjota kustannustehokkaan ratkaisun niin yrityksille kuin kansantaloudellekin. Kuvassa 10 on kuvattu markkinoilla olevan kulutusjouston määrä Suomessa tammikuussa 2018. (TEM, 2018)



Kuva 10. Kulutusjouston tilanne Suomessa (Fingrid, 2019b).

Älyverkot parantavat kuluttajien mahdollisuuksia osallistua sähkömarkkinoille ja täten myös auttavat kulutusjouston hyödyntämistä. Yritykset kehittävät ja tarjoavat asiakkaille tehokkaita energiankulutusta ohjaavia palveluita. Esimerkiksi rakennuksen lämmitys on mahdollista hoitaa silloin, kun sähkö on edullisempaa ja ilman, että asukkaan tarvitsee itse huolehtia asiasta.

Älyverkkotyöryhmän selvityksessä korostui AMR-mittareihin perustuva kysyntäjouston hyödyntäminen. Nykyisillä AMR-mittareilla on mahdollista toteuttaa asiakkaiden osallistuminen vuorokausi-, päivänsisäisille- ja säätösähkömarkkinoille, mutta näiden haasteena on tiedonsiirron nopeus ja luotettavuus. Älyverkkotyöryhmä on ehdottanut yhdeksi seuraavan sukupolven AMR-mittareiden toiminnallisuudeksi kuormanohjausrelettä, jota hyödynnettäisiin ainakin kohteissa, joissa ohjattavat kuormat ovat merkittäviä, esimerkiksi sähkölämmityksessä. Jakeluverkkoyhtiön tehtävänä olisi tarjota tarvittava tekninen alusta ja standardoitu rajapinta ohjauksille, joita palveluntarjoajat hyödyntäisivät palveluidensa tarjoamisessa. Seuraavan sukupolven

mittareiden mittaustiheyttä nostettaisiin ja mitattavien suureiden määrä kasvaisi – nämä informaatiot pitää olla todettavissa fyysisen tiedonsiirtoväylän avulla. (TEM, 2018)

Toinen älyverkkotyöryhmän selvityksen huomio on merkittävä joustopotentiali kiinteistöissä. Työryhmän mukaan rakennussääntelyllä on iso rooli siinä, miten joustopotentiali pystytään hyödyntämään. Työryhmä näkee tulevaisuudessa tarpeen rakennussääntelyn kehittämiseksi, esimerkiksi rakennusten energiadirektiiviä toimeenpantaessa tulisi pohtia keinoja, miten edistetään sähkönkulutusjoustoja ja älykästä sähköautojen latausta. Tavoitteena on luoda teknillisiä edellytyksiä: helposti ohjattavat kuormat, sekä selkeät suunnitteludokumentit. On tärkeää, että asiakkaalla on lopulliset sähkö-, LVI- tai automaatiopiirustukset, jolloin jälkikäteen muutosten tekeminen tai potentiaalinen käyttöönotto on helpompaa. (Adato, 2019)

3.5 Sähkövarastot

Sähkövarastot ovat uusi komponentti sähkömarkkinoilla ja sähköjärjestelmässä. Sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverolaissa 1260/1996 määritellään sähkövarasto seuraavasti: ”Sähkövarastolla tarkoitetaan sähkön lyhytaikaista sähkökemiallista varastointia varten tarvittavien laitteiden, koneistojen ja rakennusten muodostamaa toiminnallista kokonaisuutta.” (Finlex 1996/1260). 1.4.2019 lähtien sähkövarasto voi toimia verottomana sähkövarastona, kun toimija on hakenut sitä varten Verohallinnolta valtuutetun varastonpitäjän luvan sekä luvan verottoman sähkövaraston pitämiseen. Perusedellytys verottomaksi sähkövarastoksi hakeutumiseksi on se, että sähköä siirretään sähkövarastosta suoraan kulutukseen ja lisäksi sähkövaraston pitää olla kiinteästi sijoitettuna paikalleen. Liikuteltaville varastoille verottoman sähkövaraston lupaa ei myönnetä (Verohallinto, 2019).

Sähkövarastoilla on monipuolinen toiminnallisuus ja täten niitä voi hyödyntää useaan tarkoitukseen. Sähkövarastot mahdollistavat asiakkaille muun muassa itsenäisen vaikuttamisen omiin sähkönkäytön kustannuksiin, sekä asiakkaat voivat tarjota sähkövarastojensa palveluita markkinoille. Varastoilla voidaan hyödyntää esimerkiksi markkinahinnan vaihteluita ajoittamalla verkosta otetun sähkön määrä halvan hinnan tunneille ja käyttämällä akun sähköenergiaa kalliiden tuntien aikana. Oman sähkönkulutuksen ja -tuotannon hyötyjä voidaan myös maksimoida varastoilla – omaa

tuotantoa voidaan varastoida verkkoon syötön sijaan. Lisäksi sähkövarastojen avulla voidaan vaikuttaa tehomaksun suuruuteen. (TEM, 2019)

Sähkövarastoilla voidaan osallistua taajuuden säätöön ja valtakunnallisen tasapainon hallintaan sekä paikallisen verkonhallintaan nopean reagoitokyvyn ansiosta. Varastot lisäävät joustavuutta sähköjärjestelmään ja parantavat toimitusvarmuutta – täten niillä on tärkeä rooli siirtyessä puhtaaseen energiaan perustuvaan sähköjärjestelmään. Muun muassa sähköautot tarjoavat tulevaisuudessa merkittävän varastointi- ja joustomahdollisuuden. Mitä monipuolisempi on varastojen hyödyntäminen, sitä kannattavampia ne ovat. Tulevaisuutta varten sähkövarastojen käyttämisen ja omistamisen periaatteita tulee tarkentaa, jotta varastoja voi hyödyntää niiden täydellä potentiaalilla. (TEM, 2019)

3.6 Onnistuneita energiayhteisöhankkeita

Tanska ja Saksa ovat Euroopan edelläkävijöitä energiayhteisötoiminnassa ja näiden maiden projekteista on saatu hyvää kokemusta. Tanskassa on 1970-luvulta asti yhteisöt investoineet kollektiivisesti tuulivoimaloihin. Tämän ansiosta 70 – 80 % tuuliturbiineista oli yhteisöjen omistuksessa vuonna 2013 – lisäksi uusiutuvien energialähteiden tuotannon osuus yhteisöissä oli yksi korkeimmista maailmanlaajuisesti. (Fruhmann & Knittel, 2016)

3.6.1 Tanska

Tanskassa hallitus vastaa useimmista energia-asioista. Viime vuosina tuki on vähentynyt, mutta Tanskan hallitus edistää energiayhteisötoimintaa – erityisesti tuulivoimaprojekteja. Tärkeä muutos energiayhteisöiden edistämiseksi on verkkoon liityntäsopimus. Sopimus määrittelee turbiininomistajille maksettavaksi vain yhteyden lähimpään teknisesti mahdolliseen verkon pisteeseen. Tällöin mahdolliset laajennukset verkkoon jäävät energiayhtiöiden, ei turbiinin omistajan, vastuulle. Vuodesta 2009 lähtien Tanskan uusiutuvan energian lain mukaan kaikista uusista tuulivoimaprojekteista täytyy olla vähintään 20 % omistus paikallisilla ihmisillä. Täten Tanskan yhteisöjen energiantuotanto tapahtuu pääasiassa yhteistyössä energiayhtiöiden kanssa eikä yksityishankkeina. (Fruhmann & Knittel, 2016)

Middelgrundenin tuulipuisto on menestynyt suuren mittasuhteen energiayhteisö Tanskassa. Hanke aloitettiin vuonna 2000 vain 3,5 kilometrin päässä Kööpenhaminan satamasta. Tuulipuistossa on 20 kahden megawatin turbiinia, joista 50 % on Kööpenhaminan kaupungin omistuksessa ja toinen 50 % Middelgrundens Vindmollelaug I/S:n -jäsenten omistuksessa. Middelgrundens Vindmollelaug I/S on kansalaisten yhteisö, jossa jäsenillä on erilaiset osuudet osakkeista. Hankkeen alussa vain Kööpenhaminan kunnan asukkaat pystyivät olemaan yhteisön jäseniä, mutta nykypäivänä osallistuminen on avointa kaikille. Yksityishenkilöiden investoimiseen houkuttelee investoinnin pieni riski. Lisäksi jokaisella jäsenellä on yksi ääni tärkeissä päätöstilanteissa riippumatta omistamisensa osakkeiden määrästä. (Fruhmann & Knittel, 2016)

Hvide Sandessa sijaitseva tuulipuisto on toinen hyvä käytännön kokemus energiayhteisön toimivuudesta Tanskassa. Hvide Sanden yhteisön tuottama energia ei hyödytä vain osakkeenomistajia, vaan koko yhteisöä. Hankkeen hyödyt näkyvät turismina, satama-alueiden vuokrana ja hankkeen takaisinmaksuajan aikana paikallisen kehityksen kautta. Pienessä tanskalaisessa kalastuskylässä pystytettiin vuonna 2010 kolme merituuliturbiinia useiden paikallisten ammattiyhdistysten, muun muassa teollisuuden johdolla ja perustettiin paikallinen yhteisösäätiö. Yhteisön yhteiset intressit mahdollistivat hankkeen toteuttamisen, vaikka tyypillisesti merituulivoimalat vaativat tiukan suunnittelun. 80 % tuulipuistosta on säätiön omistuksessa ja 20 % Hvide Sande Hordhavn Mollelaug I/S:n omistuksessa. (Fruhmann & Knittel, 2016)

3.6.2 Saksa

Saksassa on useita onnistuneita tuulivoimaan perustuvia yhteisöjä, mutta myös aurinkoenergiaan perustuvia hankkeita. Aurinkopaneelihankkeiden laaja suosio kansalaisten keskuudessa aiheutti hinnanlaskuja viime vuosina ja täten nostatti hankkeiden houkuttelevuutta. Vuonna 2014 50 % uusiutuvasta energiantuotannosta oli yhteisöjen omistuksessa, joten Saksa on yksi Euroopan johtavista maista energiayhteisötoiminnassa. (Fruhmann & Knittel, 2016)

Druibergin tuulipuisto Dardesheimissa on yksi Saksan onnistuneimmista energiayhteisöistä. Pienen maaseutukylän ulkopuolella on asennettu 90-luvun alusta

lähtien 31 tuulivoimalaa, joiden kapasiteetti on 66 megawattia. Tuulipuiston osakkeiden omistus on puhtaasti rajattu paikallisille asukkaille ja 2014 noin 90 % Dardesheimin asukkaista oli osallisena hankkeessa. Hankkeen etuihin sisältyy alueellisen talouden vahvistaminen ja paikallisen energian omavaraisuuden kehittäminen. Kuten hankkeen alussa päätettiin, on voittoja käytetty laajentamaan uusiutuvaa energiaa alueella, sekä paikallisen infrastruktuurin ja muiden alueellisten hankkeiden kehittämisen tukemiseksi. Kokonaisrahoitus on perustunut osakkeenomistajien pääomasijoituksiin ja kaupallisten luottojen yhteisrahoitukseen. (Fruhmann & Knittel, 2016)

Onnistunut aurinkovoimaa hyödyntävä energiayhteisö on toteutettu Freiburgissa. Freiburgin kaupunki tukee aurinkopaneelien asennusta ja lämpölaitosten asentamista julkisiin rakennuksiin. Avoimen hallintomenettelyn avulla kansalaisia motivoidaan investoimaan edellä mainittuihin hankkeisiin. ”Free-sun” -työkalun ansiosta kansalaiset voivat helposti tunnistaa aurinkopaneeleille ja lämpölaitteistoille käytössä olevia kattotiloja. Työkalu helpottaa aurinkopaneelihankkeiden suunnitteluprosessia ja työkalun kautta kansalaiset saavat tietoa tiettyjen rakennusrakenteiden soveltuvuudesta aurinkopaneeleille ja lämpölaitoksiin ja miten hankkeita voitaisiin toteuttaa. (Fruhmann & Knittel, 2016)

3.6.3 Suomi

Suomessa on 2010-luvun aikana toteutettu useita eri energiayhteisöjä. Motivaatioita hankkeille ovat muun muassa olleet teknologian kokeilualustana toimiminen, sähkön toimitusvarmuuden parantaminen ja energiakustannusten pienentäminen. Tässä kappaleessa käydään läpi muutamia energiayhteisöhankkeita Suomessa.

FinSolar

FinSolar on vuosina 2017 – 2019 toteutettava hanke, jonka takana on Aalto-yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja Sähköturvallisuuden edistämiskeskus (STEK). Hankkeen tavoitteena on edistää aurinkosähkön hyödyntämistä taloyhtiöissä ja kehittää asukkaiden yhteistuotantoon sopivia malleja käytännön kokeilujen perusteella. Tavoitteena on, että hankkeen pohjalta syntyy kansallisesti skaalautuva, monistettava ja taloudellisesti kannattava malli taloyhtiöiden asukkaiden aurinkosähkön tuotantoon. Suomessa yli 2 miljoonaa asukasta asuu taloyhtiöissä – joten taloyhtiöiden tuotannon

optimoinnilla olisi valtava vaikutus koko maan sähkön tuotantoon. Kuvassa 11 on kokeiluun osallistuva taloyhtiö Helsingin Herttoniemessä. (Auvinen & Honkapuro, 2018)



Kuva 11. FinSolar-hankkeeseen osallistuva taloyhtiö Helsingin Herttoniemessä. (Auvinen & Honkapuro, 2018)

Hankkeen tavoite on tuottaa konkreettisten kokeilukohteiden toteutuksen pohjalta avointa ja ymmärrettävää tietoa aurinkoenergian hyödyntämisestä taloyhtiöiden asukkaille sekä heidän sidosryhmilleen, muun muassa isännöitsijät, huoltoyhtiöt, kiinteistönomistajat, lähienergiayritykset, vakuutusyhtiöt, rakennus- ja korjausrakentamisyhtiöt, kuntien energianeuvojat sekä viranomaiset. Keskeisenä osana tutkimusta selvitetään mittaroinnin ja siirtohintojen vaikutusta aurinkopaneelien kannattavuuteen. Tuotannon markkinaesteet taloyhtiöiden aurinkosähkön tuotannossa tunnistetaan ja laaditaan ehdotuksia niiden poistamiseksi. Energiayhteisönäkökulmasta hankkeen oleellinen osa on virtuaalimittaroinnin pilotointi ja takamittaroinnin ongelmakohdat. (Auvinen & Honkapuro, 2018)

Kempele

Kempeleellä Oulun vieressä testattiin uutta tapaa energian omavaraisuuden toteuttamiseksi haja-asutusalueella vuosina 2009 – 2014. Hanke nimettiin Kempeleen ekokortteliksi. Hankkeeseen kuului kymmenen omakotitalon kortteli erillään julkisesta

verkosta jatkuvana sarakkeena toimineena mikroverkkona. Haluttiin demonstroida laitteistoin toimitusvarmuutta, joka osoittautui erinomaiseksi. Rakennukset oli suunniteltu silloisien määräyksien mukaan energiatehokkaammiksi ja lisäksi rakennusten huipputehoja oli leikattu, esimerkiksi kiinteistössä ei saanut olla sähkösaunaa. Oleellisimpina teknologioina hankkeessa toimi puun kaasutus ja kaasugeneraattorit, lämmönsäätö ja sähkön kulutuksen huipun optimointi, akku- ja invertteriratkaisut sekä pienvoimalan savukaasujen puhdistus ja säätötekniikka. (Energiakokeilut.fi, 2018)

LEMENE

LEMENE-hanke on yksi työ- ja elinkeinoministeriön vuonna 2017 valitsemista energiateknologian kärkihankkeista. Energiayhteisöhanke on perusajatuksena on rakentaa Lempäälän kauppakeskus Ideaparkin pohjoispuolelle älykäs ja energiaomavarainen mikroverkko, jonka tavoitteena on saada turvattua itsenäisesti koko alueen tarvitsema energiansaanti. Järjestelmä koostuu kaasumootoreista, aurinkovoimaloista, polttokennoista sekä tarvittavasta akustosta. Lempäälän Energia oy ajaa hanketta ja sen on tarkoitus valmistua vuonna 2019. (Lempäälän Energia Oy, 2018)

Syksyllä 2018 Solarigo lähti mukaan LEMENE-hankkeeseen toteuttamalla 2000 kWp aurinkosähkövoimalan. Solarigon toimittama maa-asenteinen aurinkovoimala on valmistuttuaan Suomen suurimpia aurinkovoimaloita. Siihen tulee yhteensä noin 6000 aurinkopaneelia, tuottaen LEMENE-energiayhteisöille arviolta noin 1800 MWh sähköä vuodessa. Aurinkovoimala on aikataulutettu valmistumaan kesällä 2019, sen sähköntuotanto vastaa arviolta noin 900 pienen kerrostaloasunnon vuotuista sähkökulutusta. Solarigon toteuttama aurinkovoimala kattaa valmistuttuaan puolet hankkeen yhteensä 4000 kWp aurinkovoimalakokonaisuudesta. (Lempäälän Energia Oy, 2018)

Sello

Espoossa sijaitseva kauppakeskus Sello ja Siemens ovat tehneet energiansäästösopimuksen. Vuonna 2018 Sellossa kiinteistöautomaatio laajennettiin älykkääksi mikroverkoksi. Täten tavoitellaan eri toimintojen integroimista. Siemens takaa Sellolle noin viiden prosentin energian säästön. Siemens takaa myös säästöt – ja hankkeen epäonnistuessa on luvannut maksaa sijoituksen takaisin. Investoinnin on tarkoitus maksaa itsensä takaisin neljässä vuodessa. Investoinnilla haetaan taloudellisia ja arvomaailman hyötyjä, muun muassa parempaa tuottavuutta, parempia olosuhteita liikkeille sekä energiansäästön mukanaan tuomaa ympäristöystävällisyyttä. (Siemens, 2018)

Siemensin ylläpitämä järjestelmä koostuu Sellon talotekniikkaan perustuvasta mikroverkosta, 550 kWp:n aurinkopaneelijärjestelmästä, älykkäästä LED-valaistuksesta sekä noin 2 MW:n sähkövarastosta. Järjestelmän avulla optimoidaan kauppakeskuksen omaa energiankulutusta. Sähkövarastot vastaavat noin 20 sähkölämmitteisen omakotitalon päivittäistä talvikäyttöä – joten sähkövarastot tuovat Sellon energiakuluihin huomattavat säästöt. Akustoa hyödynnetään optimoidusti silloin, kun sähkön hinta on korkealla. Yleensä aurinkopaneeleilla tuotettava energia käytetään suoraan vähentäen ostosähkön tarvetta – mikäli aurinkoenergian tuotanto ylittää kulutuksen, varastoidaan se akkuihin. (Siemens, 2018)

Sellon ja Siemensin hanke on menestynyt, kiinteistöpäällikön mukaan vuositasolla puhuttaessa säästöt ovat jopa sadoissatuhansissa euroissa. Energiaomavaraisuuden myötä Sellon energiankulutus on tippunut vuoden 2010 34 GWh kulutuksesta alle 28 GWh, samalla ovat pudonneet hiilidioksidipäästöt. (Siemens, 2018)

4 ENERGIAYHTEISÖIDEN POTENTIAALI

Energiayhteisöiden potentiaalia Suomessa tutkitaan selvittämällä tekninen ja taloudellinen potentiaali keskittyen aurinkopaneeliasennuksiin kerrostalojen kattopinta-alalle. Teknisessä potentiaalissa selvitetään aurinkopaneeleille soveltuva kerrostalojen teoreettinen kattopinta-alan maksimi. Taloudellisessa potentiaalissa selvitetään potentiaali, joka on kannattavaa toteuttaa. Teknis-taloudellisella analyysillä on tarkoitus saada selville se, paljonko käytössä olevaa rakennusten kattopinta-alaa voidaan ja kannattaa hyödyntää energiantuotannossa.

4.1 Tekninen potentiaali

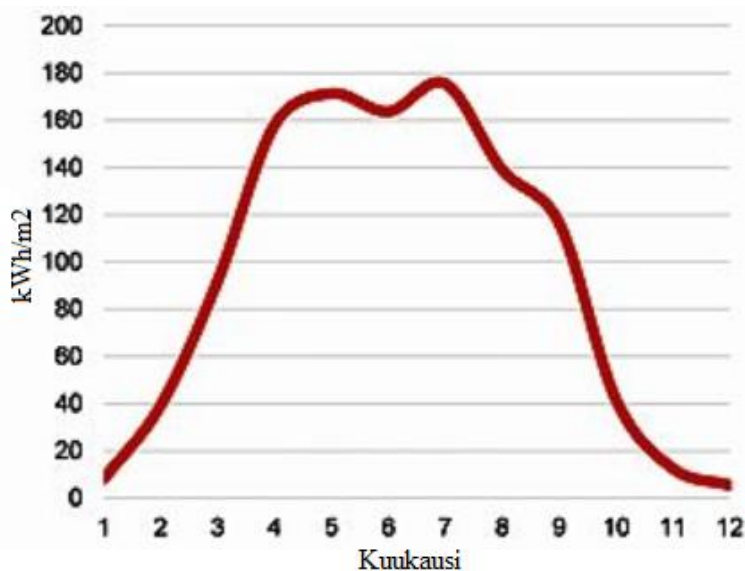
LUT on tehnyt selvitystyön (Lassila & al., 2016) vuonna 2016 Suomen jakeluverkon kapasiteetista ottaa vastaan aurinkopaneelien tuotantoa. Tutkimuksessa selvitettiin maksimaalinen aurinkopaneelien määrä neliömetreinä ja huipputehona kattoasennuksina. Pinta-ala selvitettiin shapefile-raakadataa hyödyntäen QGIS-ohjelmistolla. Shapefilellä tarkoitetaan vektoripohjaista formaattia geospaatialisen tiedon tallentamiseen paikkatietojärjestelmissä. QGIS on pisimmälle kehitetty ja maailmanlaajuisesti laajasti käyttöönotettu avoimen lähdekoodin ohjelmisto. QGIS:lla voidaan hallinnoida ja analysoida paikkatietoaineistoja ja tehdä karttaesityksiä. Avoimen lähdekoodin ohjelmisto haastaa monipuolisilla työkaluillaan pitkään markkinoilla olleita maksullisia ohjelmistoja (Maanmittauslaitos, 2018).

Tässä työssä selvitetään kerrostalojen potentiaalia aurinkopaneeliasennuksiin. LUT:n tutkimuksessa käytetystä maanmittauslaitoksen tietokantaa hyödyntäen saadaan eriteltyä kerrostalojen määrä Suomessa (2016) ja erittelyn avulla saadaan laskettua kerrostalojen kattojen kokonaispinta-ala Suomessa (Lassila & al., 2016). Todetaan, että 2016 – 2019 aikana kerrostalojen määrä ei ole muuttunut merkittävästi, joten tässä tutkimuksessa voidaan käyttää muutaman vuoden vanhaa dataa.

Maastotietokannassa on eritelty erilaiset rakennustyypit eri kohdeluokkiin. Kerrostalot löytyvät kohdeluokasta 42212 – asuinrakennus, 3 – n kerrosta (Maanmittauslaitos, 2015). MatLabilla saadaan kerrostalojen määräksi tällä erittelyllä 33 900. Näiden summattu kattopinta-ala on $1.8494 \cdot 10^7 \text{ m}^2$ eli $18,494 \text{ km}^2$ ja keskiarvo kattopinta-alalle kerrostaloilla on Suomessa $545,56 \text{ m}^2$. Käytännössä aurinkopaneeleita ei voi asentaa koko

kattopinta-alalle, vaan katon pinta-alaa menee esimerkiksi savupiipulle, tikkaille tai erilaisille putkille. Oletetaan, että 70 % pinta-alasta on käytettävissä ja lisäksi puolet rakennuksen kattopinta-alasta on suunnattu itä-lounas suuntaan. Aurinkopaneeleille voidaan näillä oletuksilla hyödyntää 35 % kokonaiskattopinta-alasta (Lassila & al., 2016). Kerrostaloilla on todennäköisesti käytettävissä suurempi osuus pinta-alasta, koska tyypilliset kattojen mallit eroavat esimerkiksi omakotitaloista, mutta tässä työssä käytettiin maltillista arviota. Oletusten jälkeen koko Suomen kerrostalojen potentiaaliseksi kattopinta-alaksi aurinkopaneeleille jää 6,473 km².

Ilmatieteen laitos on laatinut nykyilmaston tyypillisiä sääoloja kuvaavia testivuotia energialaskelmia varten. Etelä-Suomessa kokonaissäteilyenergian määrä vaakatasolle on testivuoden perusteella noin 980 kWh/m², Keski-Suomessa noin 890 kWh/m² sekä Pohjois-Suomessa noin 790 kWh/m². Paikkakohtaiset tiedot säteilymääristä löytyvät Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) -järjestelmästä (PVGIS, 2012). Kuvassa 12 on keskimääräiset kuukausittaiset säteilymäärät 45 asteen kulmassa etelään päin suunnatulle pinnalle Suomessa. (Motiva, 2018)



Kuva 12. Keskimääräiset kuukausittaiset säteilymäärät 45 asteen kulmassa etelään päin suunnatulle pinnalle Suomessa (Motiva, 2018)

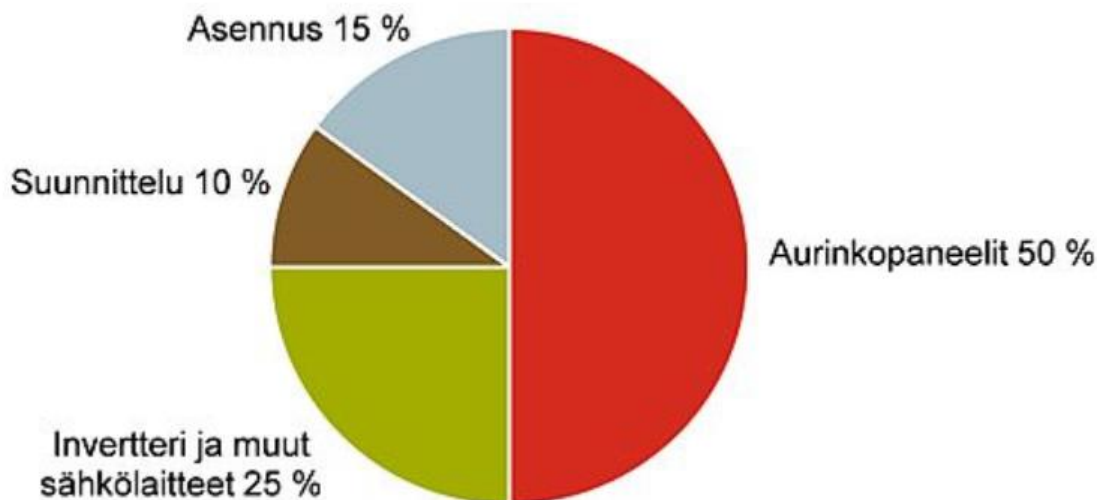
Aiemmillä oletuksilla Suomessa on 33 900 kerrostaloa, joissa on keskimäärin 190,94 m² asennuksille sopivaa kattopinta-alaa. Jos oletetaan aurinkopaneelien olevan tyypillisesti kooltansa noin 1 m x 1,7 m (GreenConnect, 2017), saadaan tällöin koko Suomen

kerrostalojen kattopinta-alalle asennettua 3 810 000 aurinkopaneelia 1,7 m² pinta-alalla. Aurinkopaneelin tyypillinen hyötysuhde on noin 15 %, joten optimaalisesti asennetulla aurinkopaneelilla yksi neliömetri tuottaa noin 150 W tehon (Ahjo, 2014). Täten 1,7 m² aurinkopaneelin tapauksessa nimellisteho on noin 250 W. Teoreettinen nimellisteho koko Suomen kerrostalojen kattopinta-alalle olisi täten 952,2 MW. Vuonna 2017 aurinkosähkön tuotannon nimellisteho koko Suomelle oli 66,2 MW taulukon 1. mukaisesti. Luku sisältää kaikki muutkin, kuin pelkät kerrostalon katolle asennetut aurinkopaneelit, joten kasvupotentiaalia on vielä huomattavasti.

4.2 Taloudellinen potentiaali

Taloudellisella potentiaalilla tarkoitetaan potentiaalia, joka on kannattavasti toteutettavissa huomioiden markkinoilla vallitsevat ohjauskeinot ja yleiset yhteiskunnassa vallitsevat takaisinmaksuvaatimukset tehtäville investoinneille (Sitra, 2018). Tässä työssä sillä tarkoitetaan aurinkovoimalan koon optimointia taloudellisesti kannattavaksi Suomen kerrostalojen kattopinta-alalle.

Aurinkoenergia on Suomessa taloudellisesti kannattavaa, kun sillä korvataan kalliimpaa ostoenergiaa. Energiayhteisön näkökulmasta energian vihreys voi olla myös motivaationa hyödyntää aurinkoenergiaa pelkän taloudellisen hyödyn sijaan. Aurinkoenergiajärjestelmän kannattavuuteen vaikuttaa muun muassa järjestelmän hinta, paneelien suuntaus ja sijainti, asennusalan ominaispiirteet, ostoenergian hinta sekä järjestelmän mitoitus suhteessa kohteen kulutukseen (Finsolar, 2015). Kuvassa 13 on suuntaa antava aurinkosähköjärjestelmän hankintakustannusten jakautuminen.



Kuva 13. Aurinkosähköjärjestelmän hankintakustannusten jakautuminen. (Motiva, 2017a)

Aurinkosähköjärjestelmien hinnasta noin puolet muodostuu tavallisesti paneeleista. Osuus on kuitenkin vahvasti sidoksissa järjestelmän kokoon: pienemmissä järjestelmissä asennuskustannusten osuus tavallisesti kasvaa ja vastaavasti paneelien ja muiden komponenttien osuus pienenee. Uudisrakennuksissa voidaan säästää asennuskuluissa, jos puitteet mahdolliselle aurinkopaneelijärjestelmälle asennetaan jo muun rakentamisen yhteydessä. (Motiva, 2017a)

Tässä työssä keskitytään erityisesti aurinkopaneeleihin ja kerrostaloihin, sillä energiayhteisöjen näkökulmasta niillä nähdään suurin potentiaali. Motivan valtakunnallinen ”Aurinkosähköä kotiin” -kampanja on julkaissut 72 aurinkosähkön avaimet käteen -paketin tarjoustiedot kahdessa kokoluokassa. Avaimet käteen -paketilla tarkoitetaan sitä, että asiakas saa paneelit suoraan asennettuna ammattilaisten avustuksella, omaa osaamista ei tarvitse. Kampanjan keskihinta kerrostaloihin soveltuville 10 – 20 kW järjestelmille on 1350 €/kW (Motiva, 2019a).

Optimikoko selvitetään laskemalla eri kokoisille voimaloille nettonykyarvo käyttöään jälkeen, joka on tyypillisesti noin 30 vuotta aurinkovoimalalle. Alkuinvestoinnin lisäksi oletetaan invertterin vaihdon kustannuksen olevan 10 % alkuinvestoinnista ja vaihdon olevan tarpeellinen kerran pitoajan aikana. Laskelmia varten tarvitaan sähkön kuluttajahinta, joka koostuu siirtohinnasta, sähkön energiahinnasta sekä veroista. Tässä tapauksessa käytetään Helenin siirtohinnastoa, jolloin siirtomaksu arvolisäveroineen on

4,07 snt/kWh ja sähkövero (sis. alv) 2,79 snt/kWh (Helen, 2018). Sähköenergian hinta on kerrostalokohteissa yleisesti noin 6 snt/kWh (Energiavirasto, 2019). Lisäksi oletetaan, että sähkön myyntihinta nousee 1 % vuositasolla sekä aurinkovoimalan tuotannon vähenevän 0,5 % vuosittain (Fraunhofer, 2019).

Optimaalinen aurinkovoimalakoko selvitetään hyödyntämällä Green campuksen tuotantolukemia yhden vuoden ajalta. Green campuksen tasakattovoimala on realistisin vertailukohta kerrostalon kattoasennuksiin, joten tässä analyysissä käytetään vuoden 2018 tasakattovoimalan tuntikohtaisia tuotantolukemia. Tasakattovoimalan koko on 51,5 kW (LUT, 2019b). Optimikoon selvityksessä tuotanto skaalataan 51,5 kW:sta mitoitettavan voimalan kokoiseksi – olettaen, että tuotantoprofiili on samanlainen.

Tarkastelukohteena käytetään 114 kerrostalokohdetta Etelä-Suomesta. Näiden tuntikulutusdatan sekä skaalatun tuntituotannon perusteella selvitetään tuntikohtainen määrä, joka voidaan korvata omalla tuotannolla verkkosähkön sijaan. Sama tehdään koko vuoden jokaiselle tunnille, jolloin saadaan selville vuosikohtainen tuotantomäärä, ja kuinka paljon sillä voidaan korvata verkosta ostettavaa sähköä. Mikäli tuntituotanto on suurempaa kuin tuntikulutus, ylijäämätuotanto myydään sähköverkkoon: tyypillinen hinta on 2 – 6 snt/kWh riippuen sähköyhtiöstä (Energiaraitti, 2017). Tässä laskelmassa käytetään ylijäämän myyntihintana 5 snt/kWh.

Edellä mainituilla tiedoilla voidaan selvittää nettonykyarvo ja takaisinmaksuaika Exceliä hyödyntäen. Excelillä selvitetään vuositasolla sähköenergian määrä, joka voidaan korvata omalla tuotannolla sähköverkosta sekä ylijäämän määrä, joka myydään sähköverkkoon. Takaisinmaksu ja nettonykyarvo selvitetään näillä tiedoilla olettaen, että kulutus ja tuotanto on joka vuosi samanlainen, vähennettynä tuotannosta vuosittainen aurinkovoimalan tuotannon vähenemä. Lisäksi oletetaan sähkön hinnan nousevan 1 % vuositasolla. Hankinnan laskentakorkona käytetään 2,0 %.

Nettonykyarvo lasketaan yhtälöllä (1):

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} - I \quad (1)$$

missä n on järjestelmän pitoaika, c_t vuoden t kassavirta, i laskentakorko sekä I alkuinvestointi.

Takaisinmaksuaika lasketaan yhtälöllä (2):

$$\sum_{t=1}^{n^*} \frac{c_t}{(1+i)^t} - I = 0 \quad (2)$$

missä n^* on takaisinmaksuaika, c_t vuoden t kassavirta, i laskentakorko sekä I alkuinvestointi. Selvitetään, kuinka monen vuoden nettonykyarvot on laskettava yhteen alkuinvestoinnin suuruisen rahamäärän kerryttämiseksi. Taulukossa 2 on eri voimalakokojen nettonykyarvo ja takaisinmaksuaika sekä voimalan asennukselle tarvittava kattopinta-ala.

Taulukko 2. Eri mitoitettavien voimalakokojen nettonykyarvo, takaisinmaksuaika sekä asennukselle tarvittava kattopinta-ala.

Voimalakoko, keskihinta 1350 €/kW	Nettonykyarvo käyttöään jälkeen (30 vuotta) (€)	Takaisinmaksuaika (vuotta)	Voimalalle tarvittava kattopinta-ala (m ²)
10	6439	19	68
11	6922	19	75
12	7348	19	82
13	7705	19	89
14	8007	19	96
15	8251	20	102
16	8442	20	109
17	8587	20	116
20	8803	21	136
22	8969	22	150
25	8545	23	170
28	8033	23	190

Taulukosta 2 nähdään, että takaisinmaksuaika kasvaa suurempaan voimalakokoon siirtyessä. Nettonykyarvo kasvaa aina 22 kW voimalaan asti, jonka jälkeen omaa

ylijäämätuotantoa alkaa olla niin suuri osa, että voimalan kannattavuus laskee. Takaisinmaksuajan kannalta optimikoko voimalalle olisi täten 14 kW, mutta nettonykyarvon kannalta 22 kW. Luvussa 4.2.1 haastatellaan asiantuntijaa koskien aurinkopaneelien taloudellista potentiaalia, ja tietämystä vertaillaan omiin päätelmiin.

4.2.1 Asiantuntijahaastattelu liittyen taloudelliseen potentiaaliin

Tällä hetkellä tyypillinen koko myytävälle aurinkovoimalalle kerrostaloilla Suomessa on 3 – 8 kW. Koon järkevyyteen vaikuttaa merkittävästi asukkaiden lukumäärä. Tulevaisuudessa olisi mahdollista nostaa optimikoko jopa 13 kilowattiin (Huoman, 2019), mutta se vaatisi energiayhteisön muodostamisen esimerkiksi hyödyntäen hyvityslaskentamallia eli virtuaalimittarointia. Aurinkovoimala nähdään taloudellisesti toimivana ja kannattavana nykyisillä lainsäädännöillä, jos ostosähköä saadaan vähennettyä 20 %. GreenEnergy Finland Oy:n asiantuntija Kimmo Huomanin mukaan: *”Omakäyttöasteen pysyminen 85 – 90 %:ssa on parempi mittari, kuin se mitä korvataan ostosähköstä”* (Huoman, 2019). Tällä hetkellä voimalaitoksen mitoitus tehdään kiinteistösähkön kulutuksen perusteella. Optimaalinen aurinkovoimalan koko kerrostalossa riippuu täysin kerrostalon asukasmäärästä ja asukasprofiilista. Nykyisen tyypillisen 3 – 8 kW aurinkovoimalan kokoa voidaan tulevaisuudessa kasvattaa helposti, jos kerrostaloihin asennetaan valmiiksi isompi invertteri tukemaan lisäasennuksia.

Tulevaisuudessa akut tulevat olemaan merkittävässä roolissa energiayhteisöissä ja niiden avulla voidaan kasvattaa voimalakokoa huomattavasti. Tyypillisesti sähkönkulutus on ilta-aikaan suurempaa kuin päivällä, jolloin akuilla voitaisiin päiväsaikaan ottaa sähköä talteen auringosta, ja hyödyntää se, kun kulutusta tarvitaan. Ajatellaan esimerkkinä sähköautojen roolia: sähköautot tulevat tyypillisesti lataukseen 16 – 17 välillä arkena, jolloin lataus otetaan joko sähköverkosta, tai kiinteistöakustosta, joka on ladattu päivän aikana auringolla. Huomanin mukaan akkujen rooli on merkittävä tulevaisuudessa, ja sen avulla voitaisiin moninkertaistaa kerrostaloissa aurinkovoimalan kokoa.

Tällä hetkellä hyvin minimaalinen osa aurinkovoimaloista on sellaisia, että niillä on mahdollisuus saarekoitua verkon vikatilanteessa. Huomanin mukaan Suomen sähköverkon laadun takia ei ole taloudellisesti kannattavaa hankkia akustoa vain saarekoitumiskäyttöä varten. Nykytilanteessa pitäisi hankintahetkellä varmistua siitä, että

asennetaan saarekoitumista tukeva invertteri. Tällaisia mahdollisuuksia löytyy esimerkiksi Froniuksen valmistamista hybridinverttereistä, joissa on akkuliitettä. Koko kuormaa ei voi laittaa saarekekäyttöön, vaan esimerkiksi Froniuksen 10 kW invertteristä noin 3 kW voitaisiin laittaa saarekekäytön piiriin. Saarekekäytön hyödyntäminen vaatii käytännössä sähkön tulemisen aina invertterin kautta. (Huoman, 2019)

4.3 Yhteenveto energiayhteisöiden potentiaalista

Tekniseksi potentiaaliksi koko Suomen kerrostalojen kattopinta-alan nimellistehoksi on saatu 952,2 MW. Taloudellisen potentiaalin näkökulmasta keskimääräisen kerrostalon optimikokeiseksi aurinkovoimalaksi saatiin 14. Aiemmin selvitetyn mukaan Suomessa on kerrostaloja 33 900, joten koko Suomen kerrostalojen kattopinta-alan taloudellisen potentiaalin nimellistehoksi saadaan 474,6 MW. Tyypillisesti 1 kW_p tehoisella järjestelmällä voidaan tuottaa sähköä Etelä-Suomessa noin 800 – 1000 kWh ja Pohjois-Suomessa 700 – 900 kWh vuodessa (Motiva, 2017b). Oletetaan, että keskimäärin Suomessa 1 kW_p tuottaa sähköä noin 900 kWh vuodessa. Kerrostaloihin muodostettavien energiayhteisöiden taloudellinen potentiaali on tällöin sähkön tuotantona vuositasolla 427,1 GWh/a. Taulukossa 3 on tilastokeskuksen vuoden 2018 sähkön hankinnan jakautuminen energiamuodoittain (Tilastokeskus, 2019).

Taulukko 3. Sähkön hankinta energiamuodoittain Suomessa vuonna 2018 (Tilastokeskus, 2019).

Energiamuoto	Vuosienergia (GWh)	Tuotantomuodon osuus koko kulutuksesta (%)
Ydinvoima	21 889	25,0
Vesivoima	13 145	15,0
Tuulivoima	5 857	6,7
Aurinkovoima	162	0,2
Nettotuonti	19936	22,8
Muu lämpövoima	26 423	30,3
Yhteensä	87 412	100

Taulukosta 3 nähdään, että nykyisin aurinkovoiman osuus on vain murto-osa kaikista tuotantomuodoista – vain 0,2 %. Kerrostaloihin muodostettavien energiayhteisöiden taloudellinen potentiaali Suomessa on 427,1 GWh/a, eli kerrostaloilla on potentiaalia tuottaa noin 0,5 % kokonaissähköenergian tuotannosta Suomessa, joten aurinkovoimalla on tulevaisuudessa merkittävä potentiaali verrattuna vuoteen 2018.

Aurinkosähkön tuotannosta ei tule päästöjä käytön aikana – mikä tarkoittaa sitä, että aurinkopaneelit tuottavat sähköä, josta ei synny lainkaan kasvihuonepäästöjä. Omalla aurinkovoimalan tuotannolla saadaan korvattua sähköverkosta ostettua sähköä, jolloin päästöt vähenevät. Laskelmissa tyypillisesti käytetään Suomen sähköntuotannon keskimääräistä päästökerrointa 5 vuoden liukuvana keskiarvona. Sähköntuotannossa tämä luku on 164 kg CO₂/MWh (Solnet, 2019). Energiayhteisön taloudelliseksi potentiaaliksi kerrostaloille saatiin 427,1 GWh/a. Tämä tarkoittaa sitä, että Suomella on taloudellisenä potentiaalina mahdollista vähentää kasvihuonepäästöjä 70 040 hiilidioksiditonnia omalla aurinkosähköntuotannolla kerrostaloasennuksissa. Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2018 Suomessa on arvioitu kokonaispäästöjen olevan

56,5 miljoonaa hiilidioksiditonnia (Findikaattori, 2019), joten kerrostaloihin muodostuvat energiayhteisöt voisivat vähentää koko Suomen kasvihuonepäästöjä noin 0,13 %. Päästöoikeuden hinta oli vuonna 2018 16 euroa hiilidioksiditonnia kohden (Ilmastouutisia, 2019). Kerrostaloihin muodostuvien energiayhteisöiden taloudellisella potentiaalin rahallinen arvo päästöjen vähennyksessä on täten 1,12 miljoonaa euroa vuositasolla.

Asiantuntijan mukaan tällä hetkellä myydään tyypillisesti 3 – 8 kW voimaloita kerrostaloille ja todettiin mahdolliseksi kasvattaa kokoa 13 kW asti. Taulukossa 3. on lasketut nettonykyarvot ja takaisinmaksuajat eri kokoisille voimaloille. 14 kW voimala on kooltaan suurin, jolla on takaisinmaksuaika 19 vuotta, ja se on myös lähellä asiantuntijan arviota tulevaisuudessa kasvatettavasta voimalakoosta kerrostalolle, joten voidaan todeta sen olevan optimikoko. Täten energiayhteisöiden taloudelliseksi potentiaaliksi saadaan 6 – 11 kW per kerrostalo, kun tällä hetkellä myytävät voimalakoot ovat tyypillisesti 3 – 8 kW kokoisia. Suomessa on aikaisemmin selvitetyn mukaan 33 900 kerrostaloa, joten kerrostalojen aurinkosähköllä muodostuvien energiayhteisöiden taloudellisen potentiaalin nimellisteho on nykytilanteeseen verrattuna 203,4 – 372,9 MW.

5 ENERGIAYHTEISÖIDEN ESTEET

Energiayhteisöt ovat uusia toimijoita, minkä takia niillä on vielä useita esteitä ja rajoitteita. Tässä kappaleessa pyritään tunnistamaan esteitä tai muita rajoittavia asioita koskien energiayhteisöjä ja niiden toimintaa. Esteiden kartoittamista varten järjestettiin Helsingissä 23.5.2019 energiayhteisötyöpaja, jonne kutsuttiin asiantuntijoita pohtimaan nykyisiä esteitä, priorisoimaan ne ja miten kannattaisi lähteä purkamaan niitä.

5.1 Esteiden tunnistaminen

Tässä kappaleessa tunnistetaan erilaisia esteitä ja rajoitteita liittyen energiayhteisötoimintaan. Energiayhteisötyöpajassa esteet luokiteltiin eri kategorioihin ja osallistujien kesken äänestettiin esteen purkamisen relevanttius. Täytyy kuitenkin muistaa, että vaikka jokin este ei olisi saanut kannatusta, ei sitä silti unohdeta, vaan tällä äänestyksellä oli tarkoitus saada asiantuntijoiden yhteinen näkemys esteiden prioriteetista. Asiantuntijoiden joukossa esille nousi erityisesti neljä kategoriaa: verotus, sähkömarkkinasääntely, energiayhteisöiden sopimukset sekä mittaus.

5.2 Verotus

Verotuksen osalta on epäselvyyttä mitä veroja yhteisön pitää maksaa ja kenelle maksun suorittaminen jää. Vuonna 1996 säädetty laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta määrää sähköverkkoluvalla toimivan verkonhaltijan, sähköntuottajan ja pientuottajan rekisteröitymisen sähköverovelvolliseksi. Sähkön valmisteveroa ja huoltovarmuusmaksua ei kanneta sähköstä, jonka sähköntuottaja, pientuottaja tai mikroantuottaja luovuttaa sähköverkkoon, joka kulutetaan voimalaitoksen omakäyttölaitteissa tai joka luovutetaan voimalaitosverkkoon. Sen sijaan sähkön valmistevero ja huoltovarmuusmaksu kannetaan luvanvaraisesta verkosta kulutukseen luovutetusta sähköstä, sähköntuottajan ja pientuottajan tuottaman sähkön määrästä sekä edellä mainittujen tuottajien verottomasti omaan käyttöönsä hankkimansa tai verolliseen kulutukseen luovuttamansa sähkön määrästä. Näissä tapauksissa on annettava veroilmoitus Verohallinnolle kunkin voimalaitoksen osalta erikseen. (Verohallinto, 2018)

Pientuottajat joutuvat rekisteröitymään Verohallinnolle sähköverovelvolliseksi ja antamaan nollaveroilmoituksen sähkön tuotantomäärästään kerran vuodessa, jos nimellistehona on yli 100 kVA ja sähköenergiaa enintään 800 000 kWh vuodessa. Jos kyseessä on omaan käyttöönsä tuotettu sähkö, jota ei olla luovutettu sähköverkkoon, ei pientuottajan tarvitse maksaa sähköveroa, mutta sen tulee antaa veroilmoitus kerran vuodessa. Jos edellä mainittu vuosituotantoraja ylittyy, on kyseessä sähköntuottaja, jonka tulee antaa kuukausittainen veroilmoitus verollisista ja verottomista toimituksistaan – syötti sähköntuottaja sähköä verkkoon tai ei. Enintään 100 kVA:n nimellistehoisilla mikrovoimalaitoksilla sähköä tuottavat sähköntuottajat on vapautettu kaikista sähköverotuksen verovelvollisuuksista, eikä näiden tarvitse rekisteröityä verovelvollisiksi eikä antaa sähköntuotannon veroilmoituksia. (Verohallinto, 2018)

5.2.1 Sähkövero

Sähköveron osalta Älyverkkotyöryhmä on tehnyt joitakin linjauksia loppuraportissaan. Sähkövero on yksi energiaan kohdistuvista valmisteveroista. EU:ssa energiaverot ovat harmonisoituja veroja, ja niitä säädellään neuvoston direktiivillä 2003/96/EY ja 2009/28/EY. Näillä direktiivillä säädetään vähimmäisverotasoista ja biopolttoaineiden kestävyyskriteereistä. Direktiivissä asetettu minimitaso sähköverolle on 0,5 €/MWh

yrittäjäkäytössä sekä 1,0 €/MWh yksityiskäytössä. Suomessa käytetään huomattavasti korkeampaa verokantaa: teollisuudelle, konesaleille ja kasvihuoneille sähkövero on 7,03 €/MWh ja muulle toiminnalle 22,53 €/MWh. Näiden lisäksi verot sisältävät myös huoltovarmuusmaksun 0,13 €/MWh. (TEM, 2018)

Sähkövero maksetaan sähköverkosta kulutukseen luovutetusta sähköstä, joten sähköveron suuruus määräytyy kulutetun sähkön mukaan ja sen kantaa sähköverkkoyhtiö sähköverkkomaksun yhteydessä. Sähköverosta maksetaan lisäksi arvonlisävero 24 % yleisen verokannan mukaan. Kuluttajalle sähkölaskusta noin kolmannes on verojen osuutta. Ongelmana on ollut sähkövarastojen tuplaverotus. Näissä tilanteissa sähkövero joudutaan maksamaan sekä varastoitaessa että uudelleen kulutukseen luovuttaessa. Verotukseen on tullut vuonna 2019 muutoksia. Huhtikuun 2019 jälkeen sähkövarasto on voinut toimia verottomana sähkövarastona (Verohallinto, 2019). Älyverkkotyöryhmä vaatii sähkövarastojen verotuksen selkeyttämistä. (TEM, 2018)

5.2.2 Arvonlisävero

Arvonlisäverottoman vähäisen toiminnan raja Suomessa on 10 000 euroa (Verohallinto, 2017). Tämä tuo rajoitteita energiayhteisöille varsinkin kerrostaloihin keskittyvissä yhteisöissä. ALV-velvollisuusraja voi ylittyä helposti, koska myös taloyhtiön vastikkeet lasketaan tähän mukaan. Tällöin pienikin ylijäämän myynti markkinoille voi tehdä energiayhteisön arvonlisäverolliseksi. Verotuksen ei pitäisi olla sellaista, että se estää energiayhteisön kulutusjouston tarjoamisen markkinoille: esimerkiksi jos taloyhtiö muuttuu arvonlisäverolliseksi, se tuo lisäkustannuksia ja täten pienentää energiayhteisön taloudellista kannattavuutta.

FinSolar-hankkeessa on selvitetty aurinkosähkön pientuotantoon ja sähköauton lataukseen liittyviä arvonlisäverokysymyksiä laatimalla aiheesta keskusverolautakunnalle ennakkoratkaisupyyntö hankkeen yhteistyöverkostossa mukana olevan taloyhtiön, oululaisen As. Oy Tiedonkaarenportin nimissä. Kesäkuussa 2019 järjestettiin infotilaisuus, jossa kuultiin keskusverolautakunnan ennakkoratkaisusta ja miten asunto-osakeyhtiöiden arvonlisäverollisuus määräytyy erilaisten aurinkosähkön tuotantomallien ja sähköajoneuvojen latausmallien tapauksessa. Johtava ALV-

asiantuntija Mika Jokinen Verohallinnosta esitteli infotilaisuudessa ennakkoratkaisua sekä vastasi siihen liittyviin kysymyksiin. (KVL, 2019)

Ennakkoratkaisun tulos oli se, että hyvityslaskenta ynnä muut sähkön pientuotannon siirrot taloyhtiön sisällä eivät johda ALV-velvollisuuteen, eikä myöskään sähköajoneuvojen latauspalvelut. Ainoastaan sähkön pientuotannon ylijäämän myynti sähköyhtiölle johtaa ALV-rekisteröintivelvollisuuteen, mutta tämä on mahdollista välttää luovuttamalla ylijäämä ilmaiseksi tai hyväntekeväisyyteen sähköyhtiön kautta. Tämä kannustaa energiayhteisöt myös siihen, että oman aurinkosähkön käyttö kannattaa maksimoida taloyhtiön sisällä niin, ettei ylijäämää synny. Taloyhtiön omalla aurinkosähköllä voi esimerkiksi lämmitellä taloyhtiön käyttövettä, maalämpökaivoja tai ladata sähköajoneuvojen akkuja. (KVL, 2019)

Ennakkoratkaisuista 30 päivää eteenpäin on mahdollista, että riippumaton Verosaajien oikeudenvallontayksikkö voi valittaa päätöksestä, joka saattaa aiheuttaa muutoksia. Näin ollen FinSolar viestii päätöksestä vasta elokuussa 2019, kun ennakkoratkaisut ovat tulleet lainvoimaisiksi. FinSolar-hankkeen puolesta päätöksestä ei valiteta, koska se oli myönteinen mahdollistaen sähköajoneuvojen latauspalveluiden hyödyntämisen ja pientuotannon oman käytön taloyhtiöissä ilman ALV-byrokratiaa. (KVL, 2019)

5.3 Sähkömarkkinasääntely

Suomen lainsäädännössä ei ole määritelty energiayhteisöä. EU-tasolla se on Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivissä 2019/944 määritelty kansalaisen energiayhteisönä. Määritelmä pitäisi saada kansalliseen lainsäädäntöön ja määritelmässä pitäisi työpajan asiantuntijoiden mukaan olla maininta, että energiayhteisö tulisi määritellä oikeudelliseksi instanssiksi. Tämä tarkoittaa sitä, että energiayhteisötoiminnassa täytyy olla selvät määritteet siitä, miten vahinko ja vastuut määräytyy. Energiayhteisö, sen juridinen muoto ja sopimuksen minimisisältö on määriteltävä.

Kansallisesta lainsäädännöstä määritelmän ja energiayhteisöä koskevien rajoitteiden puuttuminen on yksi relevantteimmista esteistä nykyiselle energiayhteisötoiminnalle. Työ- ja elinkeinoministeriön Älyverkkotyöryhmän loppuraportissa ehdottama

määritelmä energiayhteisölle on: ”*Energiayhteisö on yhdestä tai useammasta vapaaehtoisesta luonnollisesta (pienkuluttaja) tai oikeushenkilöstä (yhdistys, yritys tms.) muodostuva juridinen taho, joka jakaa yhteisön tai sen jäsenten hallinnoimien kotimaisten energiaresurssien tuottamia hyötyjä omien periaatteidensa mukaan ja joka vastaa yhteisön toimintaan liittyvistä velvoitteista.*” Tätä voitaisiin käyttää pohjana, kun määritellään energiayhteisö kansalliseen lainsäädäntöön. (TEM, 2018)

Nykyinen sähkömarkkinalaki hidastaa energiayhteisön syntymistä. Työpajassa keskusteltiin mahdollisuudesta siihen, että taloyhtiössä olisi vain yksi sähkönmyyjä. Nykytilanteessa esimerkiksi taloyhtiöissä voi olla yhteinen kiinteistöhuoltoyhtiö, eikä jokaisella asukkaalla tarvitse olla omaa. Samaa tapaa voitaisiin hyödyntää sähkön osalta, joka puolestaan poistaisi ylimääräisten mittausten tarpeen. Tällä olisi vaikutus muun muassa infrakustannuksiin.

Energiayhteisön rooli markkinoilla on myös määrittelemättä. Pitää määritellä, onko se markkinoiden korvike, lisä vai jotain muuta. Tarkoittaako se siis kuluttajille mahdollisuuden olla poissa kokonaan markkinoilta. Asiakkaalle pitää markkinoida, mikä on energiayhteisön hyöty sähkömarkkinan näkökulmasta. Pitää määritellä lakiin, miten markkinoille voi osallistua, tai olla osallistumatta sekä voiko samanaikaisesti olla markkinoilla sekä energiayhteisössä.

5.4 Energiayhteisöiden sopimukset

5.4.1 Energiayhteisön jäsenien väliset sopimukset ja sopimuspohjat

Energiayhteisöillä on sopimusvapaus eli sopimus on sellainen, mitä keskenään sovitaan. Jos verkkoyhtiöllä tai datahubilla tehdään netotus mittauspisteiden väliltä, täytyy olla selkeät määritelmät, että mitä määritellään ja voiko jakosuhte olla dynaaminen. Täten siis datahubia ja taseselvitystä varten tarvitaan määritelmiä ja sopimusmalleja sekä mahdollisesti vaatimukset lainsäädäntöön. Netotetut mittarit menevät taseselvitykseen, joka tapahtuu datahubissa. Datahub ei itsessään voi tehdä hallinnointia, joten energiayhteisöissä tarvitaan oikeus jollekin jäsenelle datahubin käsittelyyn – palveluntarjoaja on välttämätön.

Täytyy ratkaista, miten energiayhteisötoiminta tehdään asiakkaalle helpoksi. Onko jako esimerkiksi kaverisopimus, tasajako, pinta-alaan perustuva jako vai jokin muu. Energiayhteisöstä irtautumisen tulee olla helppoa, ja sopimuksessa täytyy määrittää esimerkiksi se, että jakosuhte on nolla toiminnasta lähtevän mittarille.

Energiayhteisöille olisi hyvä luoda jonkinlainen sopimus pohja, jossa määritellään sille minimivaatimukset ja suositukset. Työpajan asiantuntijat ehdottavat sopimus pohjan luomista esimerkiksi Motivan vastuulle – Motiva voisi antaa suosituksia siitä, mitä energiayhteisön sopimuksessa olisi hyvä olla mukana. Sopimuksina voisivat olla esimerkiksi liittymissopimus ja käyttösopimus. Liittymissopimuksessa maksettaisiin kertaus summa ja käyttösopimuksessa kuukausimaksu. Eroamisvaiheessa ei saa enakkoon maksettuja rahojaan takaisin. Tätä voitaisiin kutsua energiayhteisön sisäiseksi sopimuskäytännöksi. Pitää laatia tietyt mallit, mistä sopimuksessa tulee sopia ja mitä informaatiota pitää muille markkinaosapuolille antaa.

Tällä hetkellä on avoinna se, mitä lainsäädäntöä sopimukseen tulisi soveltaa. Esimerkiksi jos energiayhteisö on vain kuluttajien välistä, niin tässä tapauksessa kuluttajansuojalaki ei sovellettaisi. Pohdittavana on, tarvitaanko sääntelyä, jolla estetään energiayhteisöissä mukana olijoiden hyväksikäyttö – esimerkiksi, että asiaan paremmin perehtynyt henkilö ei huijaa muita. Vai kattaako esimerkiksi taloyhtiölaki pelkkien kuluttajien väliset sopimukset.

5.4.2 Energiayhteisön suhde avoimiin markkinoihin ja verkkoyhtiöön

Energiayhteisö voisi sisäisesti sopia näkyvänsä yhtenä asiakkaana avoimelle markkinalle, jolloin tarvittaisiin vain netotettu tieto ulospäin. Jos yhteisö näkyy yhtenä käyttöpaikkana verkkoyhtiölle, on tällöin energiayhteisön jäsenien välinen asia mitä yhteisön sisällä tapahtuu.

Tänä päivänä on tiukat säännöt siitä, mitä tietoja myyjän pitää tiettyyn kellonaikaan mennessä saada taseselvitykseen ja mitä verkonhaltijan. Energiayhteisöille mahdollisesti luotaisiin uusi rooli, jonka vastuulla on ilmoittaa yhteisön jakosuhteet ja millä kanavalla, mitä rajapintaa pitkin ja mihin kellonaikaan mennessä. Jos on vain yksi sopimus eli yksi myyjä, on tällöin energiayhteisö yksi käyttöpaikka verkonhaltijan näkökulmasta ja

kaupankäynti on vapaata. Jos on useampi käyttöpaikka, pitää olla verkonhaltijan mittaus ja sitten jos halutaan netottaa, niin tullaan jakosääntöihin, joita pitää säännellä.

Työpajassa esille nousi esimerkkinä kaksi mallia energiayhteisölle: kevyt ja raskas malli, joilla voitaisiin toteuttaa energiayhteisöä. Kevyessä yhteisössä jokainen jäsen säilyisi omana liittytäkseenään ja saisi valita vapaasti sähkönmyyjän. Sillon netottaisiin vain tuotantoa hyödyntäen datahubia, minne syötettäisiin esimerkiksi tarkka prosenttiosuus jokaiselle jäsenelle. Raskaassa mallissa olisi vain yksi sähkönmyyjä tai tasevastaava kaikille energiayhteisön jäsenille. Tällöin olisi enemmän vapauksia päättää jakorajoista.

Tulevaisuudessa olisi hyvä olla palveluntarjoajia, jotka neuvovat energiayhteisötoiminnasta kiinnostuneita sekä hoitavat sopimusasioita esimerkiksi verkkoyhtiön suuntaan. Tällä hetkellä yksi energiayhteisötoimintaa rajoittava tekijä on tavallisten ihmisten tietämättömyys toimintaan mukaan lähtemisen vaatimuksista.

5.5 Mittaus

Tällä hetkellä mittauskäytännöt esimerkiksi vaihenetotuksen osalta vaihtelevat verkkoyhtiöittäin. Tulisi luoda yhteinen käytäntö, jotta voitaisiin edistää energiayhteisötoimintaa. Ongelmana on muun muassa tuotannon jakaminen kiinteistön sisäisessä energiayhteisössä. Palveluntarjoajalla on oltava pääsy datahubiin syöttämään jakosuhteet, jotta järjestelmä pystyy tekemään taseselvityksen.

Datahubin ensimmäinen versio on tarkoitus ottaa käyttöön huhtikuussa 2021. Datahubin osalta nykyisin sähkömarkkinalaissa ei ole määritelty velvoitteita energiayhteisöä kohtaan, eli jos datahubin oletetaan hoitavan jotain energiayhteisön palveluita, vaatii se muutoksia sähkömarkkinalakiin. Aikataulumielessä se voi aiheuttaa rajoitteita. Tarvitaan selkeät säännöt, esimerkiksi energiayhteisön sopimus standardisoituna, jolloin voidaan käyttää valmista pohjaa tietojärjestelmässä. Versiossa 1 keskitytään taseselvityksen kuntoon laittamiseen, ja myöhemmässä versiossa voidaan keskittyä enemmän energiayhteisöihin.

Energiayhteisöiden netotuspalvelu tulevaisuudessa voisi olla esimerkiksi tapaus, jossa on kiinteistön sisäinen energiayhteisö, jonka sisällä käytetään verkkoyhtiön mittareita ja näillä lasketaan sekä hyvitetään tuotantoa. Käytännössä tällöin palveluntarjoaja hoitaa

datahubille jakosuhdetiedot, minkä jälkeen datahub tekee taselaskennan. Yksityiskohdat täytyy määritellä datahubin seuraavaan versioon. Voisiko esimerkiksi jokaisessa energiayhteisössä olla henkilö, joka pääsee datahubiin tekemään muokkauksia – asia toimisi samoin periaattein kuten esimerkiksi verottajan kanssa asiointi. Datahubiin laitetaan nimenomaan mittaus tieto, ei käsiteltyä tietoa. Taseselvitykseen menee vain yksi tieto mittauspaikalta.

Tällä hetkellä on epäselvää, onko jakosuhteen muuttaminen reaaliajassa sallittua. Pitää olla määritelmä, millaisia mahdollisuuksia datahubilla on. Ennen tasejaksoa pitää olla jakosuhte tiedossa. Epäselvää on, jos jonkun osakkaan osuus on suurempi kuin kulutus, voidaanko tuotanto jakaa muille jäsenille. Lisäksi selvyyttä tarvitaan siihen, kuinka usein jakosuhdetta voidaan muuttaa. Onko dynaaminen jakosuhte mahdollinen ja voiko sitä jälkeinpäin muuttaa – jos voi niin kuinka helposti? Jos datahub tekee taselaskennan, niin tulee valtavasti rajoitteita. Olisi hyvä olla selkeä linjaus siitä, mitä sinne syötetään ja miten datahub laskee sen.

Datahubin netotuslaskennan toteuttaminen siirtyy automaattisesti useita vuosia eteenpäin. Tästä seuraa ongelmana siirtymäajan ratkaisut – kannattaako tehdä nyt mitään, kun ratkaisu tulee jollain aikataululla. Vai tuleeko pakottava säädös muuttaa nykyisiä käytäntöjä, mikä saattaa aiheuttaa ylimääräistä työtä ja kustannusta lyhyen siirtymäajan takia. Ongelma on myös verkkoyhtiöitten rooli: joidenkin yhtiöiden alueella asukkaat ovat enemmän energiayhteisötoiminnassa mukana, joidenkin alueet taas sellaisia, missä suuressa osassa on yksi kulutuspiste. Tällöin saatettaisiin tehdä paljon ylimääräisiä valmiuksia, jos kaikkien verkkoyhtiöiden pitäisi rakentaa netotuslaskentaan valmius.

Lainsäädännön kannalta täytyy ottaa huomioon jo nyt datahubin myöhempi versio, jossa netotuspalvelut voivat olla mukana, sillä lainsäädännön kehitys vie aikaa. Pohdittavaksi jää, kuinka tarkkoja toiminnallisuuksia säädetään lakiin mukaan. Toisaalta monopolitoimijoiden kohdalla sääntelyn on pakko olla tarkkaa.

5.6 Mittauslaitedirektiivi

Nykyisessä mittauslaitedirektiivin liitteen 1 kohdassa 10 on vaatimus, että mittarin näytössä on lukema, jonka perusteella määritetään maksettava sähkömaksu (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi, 2014). Netotuslaskentamallissa jakeluverkkoyhtiön

kautta siirrettävä energia energiayhteisön jäsenille erotetaan laskennallisesti yhteisön tuottamasta energiasta. Jotta tätä voitaisiin hyödyntää, tarvittaisiin mittauslaitedirektiiviin tai vähintään sen tulkintaan muutoksia. Jos oman tuotannon ja jakeluverkon siirretyn energian erotus tehdään laskennallisesti, ei mittarin lukema ole enää mittaustulos, jolla sähkölaskun suuruus määräytyy.

Netotuslaskennan mahdollistaminen on tutkinnan alla mittauslaitedirektiivin osalta. Yksi vaihtoehto olisi saada Euroopan komission tulkinta asiasta. Mahdollista olisi myös sertifioida tietoliikenne mittarilta tietovarastoon osaksi mittauslaitetta – mikä mahdollistaisi tietovarastossa löytyvän lukeman käyttämistä netotuslaskentaan mittauslaitedirektiiviä noudattaen.

Yksi vaihtoehto olisi myös mittarien vaihtaminen – mutta se olisi valtava investointi. Toisaalta mittarit tullaan vaihtamaan lähitulevaisuudessa uuden sukupolven älymittareihin joka tapauksessa (TEM, 2018). Nykypäivänä valtaosalta asiakkaista löytyy älypuhelin, jonka kautta voitaisiin nähdä sama mittaustulos, kun mitä mittarin näytöltä vaaditaan mittauslaitedirektiivissä. Lisäksi esimerkiksi kerrostaloissa hyvin harvalla on nykyisin mahdollisuutta päästä näkemään oman mittarin lukemaa, sillä mittarit ovat piilossa.

5.7 Muu sääntely

Tällä hetkellä kunnilla on vaihtelevia käytäntöjä, esimerkiksi pelastuslaitoksilla vaihtelevia käytäntöjä oman tuotannon suhteen. Pelastuslaitosten näkemykset paneeliasennuksiin vaihtelevat ja päätöksiä tehdään liian tapauskohtaisesti. Tästä saattaa aiheutua tilanteita, joissa joillakin alueilla investoidaan turhaan muun muassa suojuuksiin. Pitäisi olla yhtenäinen ohjaus, miten toimia näissä tapauksissa. Tämä helpottaisi myös uusien toimijoiden kouluttamista.

Lisäksi on varmistettava se, että pelastuslaitoksilla on tieto paneelien sijainneista, jos syttyy esimerkiksi tulipalo. Olisiko esimerkiksi mahdollista luoda yhden luukun malli ilmoituksille. Yhden luukun palvelumallissa käyttäjää ei vaivata tarpeettomasti tietopyynnöillä, vaan viranomaiset pystyvät hyödyntämään saumattomasti ja monipuolisesti jo käytössä olevaa tietoa (Valtiovarainministeriö, 2019). Tällöin voitaisiin luoda malli, jossa verkkoyhtiön kautta tieto menee suoraan pelastuslaitoksille ilman, että

asiakkaan tarvitsisi olla yhteydessä pelastuslaitokseen. Työpajan osallistujien mukaan tosin nykyisin haasteena on myös se, että tieto paneelien sijainnista ei mene välttämättä edes aina verkkoyhtiölle asti.

Lupamenettelyt vaihtelevat myös kunnittain. Joissakin paikoissa riittää pelkkä ilmoitus, kun taas joissakin täytyy pyytää lupa erikseen. Vaihtelevat käytännöt vaikeuttavat uusien palvelujen ja liiketoimintamallien luomista. Käytännöt olisi hyvä tehdä koko Suomelle yhtenäisiksi ja selkeiksi, jotta energiayhteisötoimintaan lähteminen olisi asiakkaallekin yksiselitteisempää.

Epäselvää on myös se, onko akkujen sijoitteluun määritelty yleisiä vaatimuksia. Esimerkiksi palovaarallisten aineiden säilytyksestä on säännöksiä – kuinka paljon saa esimerkiksi bensaa säilyttää kellarissa. Litiumakkujen kohdalla jonkun sääntelyn puitteissa voi olla tulkinta, mutta onko se tarpeeksi yksiselitteinen. Energiayhteisöille voi tulla myöhemmin ongelmia akkujen ja näitä koskevien nykyisten säännösten osalta, varsinkin kun hinnat ovat jatkuvassa laskussa ja täten akkujen taloudellinen kannattavuus kasvaa.

6 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän työn tavoite oli selvittää energiayhteisöiden teknistä ja taloudellista potentiaalia. Työssä keskityttiin sähköenergiaan ja nimenomaan aurinkoenergiaan aurinkopaneelina asennettuna kerrostalojen kattopinta-alalle. Lisäksi tavoitteena oli tunnistaa mahdollisia esteitä tai rajoitteita liittyen energiayhteisötoimintaan. Energiayhteisön määritelmää tarkasteltiin aluksi voimassa olevan teorian pohjalta. Kiinteistön sisäisellä energiayhteisöllä todettiin olevan suurin potentiaali kerrostalojen tapauksessa, joten työssä keskityttiin tähän energiayhteisötyyppiin.

Tekninen potentiaali selvitettiin hyödyntäen aikaisemman LUT:n (2016) tutkimuksen tutkimusdataa, jonka avulla saatiin eriteltyä koko Suomen kerrostalojen lukumäärä sekä kerrostalojen kokonaiskattopinta-ala. Näillä tiedoilla selvitettiin keskimääräinen aurinkopaneeliasennuksille soveltuva kattopinta-ala kerrostaloa kohden koko Suomessa. Täten Suomen kerrostalojen tekniseksi potentiaaliksi saatiin 952,2 MW. Teho on merkittävä verrattuna nykyiseen (2018), noin 100 MW:n aurinkoenergiatuotantoon koko Suomessa. On huomioitava, että tässä työssä tarkasteltiin vain kerrostaloja ja laskenta tehtiin maltillisella arviolla paneeleille soveltuvasta kattopinta-alasta, joten koko Suomen rakennusten soveltuva kattopinta-ala olisi merkittävästi suurempi ja täten teknistä potentiaalia energiayhteisöillä olisi vieläkin enemmän.

Taloudellista potentiaalia lähdettiin selvittämään tarkastelemalla muutamien Etelä-Suomessa sijaitsevien kerrostalojen sähkönkulutusta vuositasolla. Lappeenrannan Green Campuksen tasakattovoimalan tuntituotantomäärien avulla selvitettiin teorettinen tuotanto eri kokoisille aurinkovoimaloille olettamalla tuotantoprofiilin olevan samanlainen kuin Green Campuksen voimalalla. Skaalatulla teorettisella sähkön tuntituotannon määrällä ja esimerkkikohteiden sähkön tuntikulutuksen määrällä saatiin selvitettyä koko vuoden vuorokausikohtainen sähkön määrä, joka saataisiin korvattua omalla tuotannolla verkosta otetun sähkön sijaan.

Näiden tietojen avulla tehtiin Excel-taulukko, jolla selvitettiin eri kokoisilla aurinkovoimaloille takaisinmaksuaika sekä nettonykyarvo. Haastatellun GreenEnergy Finlandin asiantuntijan näkemys tulevaisuuden aurinkovoimalan koosta kerrostalojen katolla oli 13 kW, Excelillä saatiin lyhin takaisinmaksuaika 14 kW voimalakoolla ja

suurimmaksi nettonykyarvoksi 22 kW voimalakoolla. Todettiin 14 kW olevan samaa suuruusluokkaa, kuin asiantuntijan näkemys ja todettiin sen olevan taloudellinen potentiaali. Nykyisin tyypillinen myytävä aurinkovoimalan koko kerrostaloille on 3 – 8 kW, joten kokoa voidaan taloudellisena potentiaalina kasvattaa 6 – 11 kW per kerrostalo. Tällöin koko Suomen kerrostaloihin muodostettavien energiayhteisöiden taloudellinen potentiaali nimellistehona on 203,4 – 372,9 MW.

Esteitä ja rajoitteita varten järjestettiin energiayhteisöiden esteisiin liittyvä asiantuntijatyöpaja Helsingissä 23.5.2019. Tilaisuuteen kutsuttiin asiantuntijoita eri aloilta ja yrityksiltä liittyen omaan tuotantoon ja energiayhteisöihin keskustelemaan heidän näkemyksistään energiayhteisötoimintaa rajoittavista tai jopa estävistä tekijöistä. Työpajan antia käytettiin hyödyksi tässä työssä tunnistamaan erilaisia rajoittavia tekijöitä. Relevanteimmiksi puheenaiheiksi nousi energiayhteisöjä koskeva verotus, sähkömarkkinasääntely, energiayhteisöjen sopimukset sekä mittaukset.

Energiayhteisöillä on lähitulevaisuudessa nähtävissä paljon potentiaalia, mutta nykyinen kansallinen lainsäädäntö ja siitä puuttuva määritelmä energiayhteisölle asettaa haasteita. Tärkeää on määritellä energiayhteisö lainsäädäntöön ja sille olisi hyvä saada minimivaatimukset sekä selkeät ohjeet, miten energiayhteisötoimintaan voi ryhtyä. Lisäksi asiakkaita olisi hyvä ohjeistaa ja neuvoa toimintaan lähtemiseen – tarvitaan esimerkiksi uusi toimija palveluntarjoajaksi, jotta energiayhteisötoimintaan lähteminen on ohjeistetumpaa.

Energiayhteisöiden sopimusasiat täytyy myös selkeyttää. Tarvittaisiin esimerkiksi valmiit sopimuspohjat, jotta yhteisön jäsenille ei toimintaan lähtiessä jää epäselvyyksiä tai omasta pientuotannosta tietoisemmat eivät pysty hyväksikäyttämään muita yhteisön jäseniä esimerkiksi taloudellisen hyödyn saamiseksi vain itselleen. Nykyisin ongelmana on informaation puute ja usein on tilanteita, joissa korttelin yksi energiayhteisön tai sähkön omantuotannon potentiaalista perillä oleva asukas asentaa aurinkopaneelin, jonka jälkeen naapurit huomaavat tämän ja tästä voi syntyä lumipalloefekti koko lähialueelle.

LÄHDELUETTELO

- ABB. 2008. ABB's vision for the Power System of the Future. [Online]. [Viitattu 2 heinäkuuta 2019]. Saatavilla: https://thehill.com/sites/default/files/ABB_WhenGridsGetSmart_0.pdf
- Adato. 2019. Älyverkkoweberinaari. [Online]. [Viitattu 22 helmikuuta 2019]. Saatavilla: <https://koulutuskalenteri.adato.fi/Koulutuskalenteri/Koulutuksen-tiedot/id/1844>
- Ahjo. 2014. Auringon energiantuotto. [Online]. [Viitattu 15 huhtikuuta 2019]. Saatavilla: <http://www.ahjoenergia.fi/index.php/periaatteet/auringon-energiatuotto>
- Auvinen, K. & Honkapuro, S., 2018. FinSolar taloyhtiökokeilu. [Online]. [Viitattu 25 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <http://www.finsolar.net/finsolar-taloyhtiokokeilu/>
- Bioenergia.fi. 2019. Kotimaisilla polttoaineilla hyvä vuosi sähkön- ja kaukolämmöntuotannossa. [Online]. [Viitattu 12 elokuuta 2019]. Saatavilla: <http://www.bioenergia.fi/default.asp?sivuId=31698>
- Energiakokeilut.fi. 2018. Kempeleen ekokortteli. [Online]. [Viitattu 25 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <http://energiakokeilut.fi/yritykset/kempeleen-ekokortteli>
- Energiaraitti. 2017. Aurinkoenergiaselvitys. [Online]. [Viitattu 20 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: http://www.karelia.fi/energiaraitti/wp-content/uploads/2018/01/energiaraitti_alakyla.pdf
- Energiateollisuus. 2018. Vesivoimalla eniten uusiutuvaa sähköntuotantoa. [Online]. [Viitattu 19 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/vesivoima
- Energiavirasto. 2017. Energiayhteisöjen oikeudelliset edellytykset EU:n ja kansallisen verkkosääntelyn kannalta. [Online]. [Viitattu 25 helmikuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/Energiaviraston+selvitys+5.9.2017+TEMlle+energiayhteist%C3%B6jen+oikeudellisista+edellytyksist%C3%A4.pdf/76a0beb-c-af95-4c99-b3e5-9070f18c236c>
- Energiavirasto. 2018. Sähkönpien tuotanto kovassa kasvussa – Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti 2,5 kertaistui vuodessa. [Online]. [Viitattu 18 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.energiavirasto.fi/-/sahkonpien-tuotanto-kovassa-kasvussa-aurinkosahkon-tuotantokapasiteetti-2-5-kertaistui-vuodessa>
- Energiavirasto. 2019. Sähkön hintavertailu. [Online]. [Viitattu 3 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.sahkonhintafi/>

Energinet & al. 2016. Unlocking flexibility. [Online]. [Viitattu 14 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.svk.se/siteassets/om-oss/nyheter/nordic-tso-discussion-paper-on-third-party-aggregation.pdf>

Euroopan komissio. 2017. Euroopan parlamentin ja neuvosto direktiivi sähkön sisämarkkinoita koskevista yhteisistä säännöistä. [Online]. [Viitattu 15 helmikuuta 2019]. Saatavilla: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016PC0864R\(01\)&from=EN](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016PC0864R(01)&from=EN)

Euroopan komissio. 2018. 2050 Long-term strategy. [Online]. [Viitattu 12 helmikuuta 2019]. Saatavilla: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/2050-long-term-strategy>

Euroopan komissio. 2019a. Clean energy for all Europeans. [Online]. [Viitattu 13 helmikuuta 2019]. Saatavilla: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>

Euroopan komissio. 2019b. Euroopan parlamentin ja neuvosto direktiivi sähkön sisämarkkinoita koskevista yhteisistä säännöistä (uudelleenlaadittu). [Online]. [Viitattu 25 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=EN>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi. 2014. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/32/EU. [Online]. [Viitattu 29 heinäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32014L0032&from=FI>

Findikaattori. 2018. Energian kulutus. [Online]. [Viitattu 25 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://findikaattori.fi/fi/25>

Findikaattori. 2019. Kasvihuonekaasupäästöt. [Online]. [Viitattu 24 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://findikaattori.fi/fi/87>

Fingrid. 2019a. Datahub. [Online]. [Viitattu 28 helmikuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/palvelut/vahittaismarkkinoiden-tiedonvaihto/datahub/>

Fingrid. 2019b. Kysyntäjousto. [Online]. [Viitattu 20 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/kysyntajousto/>

Fingrid. 2019c. Älyverkot. [Online]. [Viitattu 6 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinoiden-tulevaisuus/kehityshankkeet/alyverkot/>

Finlex. 2019. Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta. [Online]. [Viitattu 1 huhtikuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961260>

Finsolar. 2015 Aurinkoenergian hankintaohjeita – kannattavuus. [Online]. [Viitattu 13 toukokuuta 2019]. Saatavilla: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/kannattavuus/>

Fraunhofer. 2019. Recent facts about Photovoltaics in Germany. [Online]. [Viitattu 20 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/veroeffentlichungen-pdf-dateien-en/studien-und-konzeptpapiere/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>

Fruhmann, C. & Knittel, N. 2016. "Community Energy Projects: Europe's Pioneering task". Climate Policy Info Hub. [Online]. [Viitattu 25 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://climatepolicyinfohub.eu/community-energy-projects-europes-pioneering-task>

GreenConnect. 2017. Aurinkosähköjärjestelmät. [Online]. [Viitattu 11 huhtikuuta 2019]. Saatavilla: <http://greenconnect.fi/aurinkoshkjrjestelmt#new-page-5>

Helen. 2015. Off-Grid tulee energiamaailmaan. [Online]. [Viitattu 18 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.helen.fi/asiakaspalvelu/ajankohtaista/arjessa/sahko/off-grid-tulee-energiamaailmaan/>

Helen. 2018. Sähkön siirtohinnoista. [Online]. [Viitattu 13 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hinnastot-ja-sopimusehdot/hsv/sahkon-siirtohinnoista.pdf>

Huoman, Kimmo. 2019. Software System Architect. GreenEnergy Finland Oy. Haastattelu. 8.5.2019

Ilmastouutisia. 2019. Päästöoikeuden hinnannousu ohjaa uusiutuvan energian edistämistä. [Online]. [Viitattu 2 heinäkuuta 2019]. Saatavilla: https://www.co2-raportti.fi/index.php?page=ilmastouutisia&news_id=5089

KVL (Keskusverolautakunta). 2019. As.Oy ALV-velvollisuus aurinkosähkön tuotanto- ja sähköajoneuvojen latausmalleissa. [Online]. [Viitattu 8 heinäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.slideshare.net/FinSolar/asoy-alyvelvollisuus-aurinkoshkn-tuotanto-ja-shkajoneuvojen-latausmalleissa>

Lassila J., Tikka V., Haapaniemi J., Child M., Breyer C., Partanen J. 2016. 32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference (EU PVSEC). Nationwide Photovoltaic Hosting Capacity in the Finnish Electricity Distribution system.

Lempäälän Energia Oy. 2018. Solarigo toteuttaa 2000 kWp aurinkosähkövoimalan LEMENE-hankkeeseen. [Online]. [Viitattu 26 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <http://www.lempaalanenergia.fi/content/fi/36/20502/Solarigo%20toteuttaa%202%2000%20kWp%20aurinkos%C3%A4hk%C3%B6voimalan%20LEMENE-hankkeeseen.html>

- LUT. 2019a. Aurinkoenergia ja aurinkosähkö Suomessa. [Online]. [Viitattu 19 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: https://www.lut.fi/uutiset/-/asset_publisher/h33vOeufOQWn/content/aurinkoenergia-ja-aurinkosahko-suomessa
- LUT. 2019b. Green Campus lukuina. [Online]. [Viitattu 11 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.lut.fi/green-campus/alykas-sahkoverkko-smart-grid/tuotantolukemia>
- Maanmittauslaitos. 2015. Maanmittauslaitoksen maastotietokohteet. [Online]. [Viitattu 4 huhtikuuta 2019]. Saatavilla: <https://etsin.avointiede.fi/storage/f/2015-10-08-Paituli/mml/Maastotietokohteet.pdf>
- Maanmittauslaitos. 2018. QGIS kiinnostaa kaupunkeja. [Online]. [Viitattu 12 toukokuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/ajankohtaista/lehdet-ja-julkaisut/positio-lehti/lehdet/positio-9>
- MMM (maa- ja metsätalousministeriö). 2018. Bioenergia. [Online]. [Viitattu 18 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://mmm.fi/biotalous/bioenergia>
- Motiva. 2017a. Auringosta sähköä. [Online]. [Viitattu 19 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa
- Motiva. 2017b. Aurinkosähköjärjestelmän teho. [Online]. [Viitattu 24 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho
- Motiva. 2018. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. [Online]. [Viitattu 3 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa
- Motiva. 2019a. Aurinkosähköä kotiin -kampanja alkaa: Aurinkosähkön hinnat laskeneet. [Online]. [Viitattu 24. toukokuuta 2019]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2019/aurinkosahkoa_kotiin_-_kampanja_alkaa_aurinkosahkon_hinnat_laskeneet.13974.news
- Motiva. 2019b. Valmistaudu kulutusjousto. [Online]. [Viitattu 20 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/valmistaudu_sahkon_kulutusjousto
- Pöyry. 2018. Independent Aggregator Models. [Online]. [Viitattu 15 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://tem.fi/documents/1410877/3481825/Itsen%C3%A4isen+aggregaattorin+mallit+26.6.2018/f63589df-49ea-4232-b39a-bb6973407fe2/Itsen%C3%A4isen+aggregaattorin+mallit+26.6.2018.pdf>

PVGIS. 2012. Geographical Assessment of Solar Resource and Performance of Photovoltaic technology. [Online]. [Viitattu 20 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Siemens. 2018. Kauppakeskus Sello mukaan Energiensäästötalkoisiin. [Online]. [Viitattu 26 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <http://www.siemens.fi/fi/media/uutiset/kauppakeskus-sello-mukaan-energiensaastotalkoisiin.htm>

Sitra. 2018. Energiatehokkuuden mahdollisuudet. [Online]. [Viitattu 9.5.2019]. Saatavilla: <https://media.sitra.fi/2017/02/27172302/SelvityksiC3A4203-2.pdf>

SLO. 2018. Aurinkoenergian uudet tuulet ja sähköautoilun tuleminen. [Online]. [Viitattu 19 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://ideat.slo.fi/aurinkoenergian-uudet-tuulet-ja-sahkoautoilun-tuleminen/>

Solnet. 2019. Näin paljon aurinkovoimala vähentää CO₂ -päästöjä. [Online]. [Viitattu 24 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://solnet.group/fi/media/nain-paljon-aurinkovoimala-vahentaa-co2-paastoja>

Suomen tuulivoimayhdistys. 2018. Tuulivoima Suomessa. [Online]. [Viitattu 19 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.tuulivoimayhdistys.fi/tietoa-tuulivoimasta/tietoa-tuulivoimasta/tuulivoima-suomessa-ja-maailmalla/tuulivoima-suomessa>

TEM (Työ- ja elinkeinoministeriö). 2017. Asennettujen mittareiden hyödyntäminen kysyntäjoustossa. [Online]. [Viitattu 8 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: <https://tem.fi/documents/1410877/3481825/Asennettujen+et%C3%A4luettavien+mittareiden+hy%C3%B6dynt%C3%A4minen+kysynt%C3%A4joustossa%2C+22.5.2017/3968fe7d-ab5f-420f-b7fc-b0d64a5b9b1d/Asennettujen+et%C3%A4luettavien+mittareiden+hy%C3%B6dynt%C3%A4minen+kysynt%C3%A4joustossa%2C+22.5.2017.pdf>

TEM (Työ- ja elinkeinoministeriö). 2018. Joustava ja asiakaskeinen sähköjärjestelmä. Älyverkkotyöryhmän loppuraportti. [Online]. [Viitattu 10 helmikuuta 2019]. Saatavilla: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161148/TEM_33_2018.pdf

TEM (Työ- ja elinkeinoministeriö). 2019. Uusiutuva energia Suomessa. [Online]. [Viitattu 1 heinäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://tem.fi/uusiutuva-energia>

Tilastokeskus. 2017. Kesämökit 2017. [Online]. [Viitattu 18 maaliskuuta 2019]. Saatavilla: https://www.stat.fi/til/rakke/2017/rakke_2017_2018-05-25_kat_001_fi.html

Tilastokeskus. 2019. Energian kokonaiskulutus. [Online]. [Viitattu 25 kesäkuuta 2019]. Saatavilla: https://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_energia.html

UNFCCC. 2018. The Paris Agreement. [Online]. [Viitattu 8 helmikuuta 2019]. Saatavilla: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

Valtiovarainministeriö. 2019. Yhden luukun palvelumalli. [Online]. [Viitattu 29 heinäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://vm.fi/yhden-luukun-palvelumalli>

Verohallinto. 2017. Arvonlisäverottoman vähäisen toiminnan raja 10 000 euroa. [Online]. [Viitattu 8 heinäkuuta 2019]. Saatavilla: https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/48658/arvonlisaverottoman_vahaisen_toiminnan_3/

Verohallinto. 2018. Energiaverotus. [Online]. [Viitattu 12 heinäkuuta 2019]. Saatavilla: <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56206/energiaverotu/>

Verohallinto. 2019. Sähkövarasto voi toimia verottomana varastona 1.4.2019 alkaen. [Online]. [Viitattu 1 huhtikuuta 2019]. Saatavilla: https://www.vero.fi/tietoa-verohallinnosta/verohallinnon_esittely/uutiset/uutiset/2019/veroton-s%C3%A4hk%C3%B6varasto/