



## **ENERGIAYHTEISÖN PERUSTAMINEN TALOYHTIÖÖN**

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Sähkötekniikan diplomityö

2022

Pekka Vanhanen

Tarkastaja(t): Professori Samuli Honkapuro

Professori Pertti Silventoinen

## TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Sähkötekniikka

Pekka Vanhanen

### **Energiayhteisön perustaminen taloyhtiöön**

Sähkötekniikan diplomityö

59 sivua, 6 kuvaa, 3 taulukkoa ja 2 liitettä

Tarkastaja(t): Professori Samuli Honkapuro ja Professori Pertti Silventoinen.

Avainsanat: aurinkovoimala, energiayhteisö, taloyhtiö, taloyhtiön päätösprosessi.

Energiayhteisöjä koskeva lainsäädäntö on muuttunut Suomessa, joten erilaisten energiayhteisöjen perustaminen on mahdollista, kun energiayhteisön omalla aurinkovoimalalla tuotettua sähköä voidaan käyttää yhteisön jäsenien asunnoissa. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää käytännössä, miten perustetaan energiayhteisö taloyhtiöön tulevaisuudessa, kun tarkasteltavana kohteena on as. Oy Satonurmi Kouvolassa. Taloyhtiöissä päätösvaltaa käyttävät osakkeenomistajat yhtiökokouksissa ja näistä päätöksistä riippuu minkälainen energiayhteisö tullaan perustamaan. Keskeinen päätettävä asia on mm. kustannusten jakamisen kannalta: liittyykö kaikki vai osa asukkaista siihen eli kysymyksessä on aktiivisten asiakkaiden ryhmä. Päätösprosessin jälkeen, jos energiayhteisö aiotaan perustaa jossakin muodossa, niin aurinkovoimala tullaan hankkimaan valmiina kohteeseen todennäköisesti lainarahoituksen avulla.

Aurinkovoimalan paneelit sijoitetaan kiinteistön katon itä- ja länsipuolelle ja tässä opinnäytetyössä on tutkittu kolmen eri tehoinen aurinkovoimalan kannattavuutta nettonykyarvomenetelmällä, kun vuotuinen tuotantotieto on saatu nettisivun renewables.info simulointiohjelmalla tuntitasolla ja saman vuoden kiinteistösähkö eli kulutus taloyhtiön yleisissä tiloissa tunnetaan myös tuntitasolla.

Kannattavin vaihtoehto oli tehokkain eli 15 kW:n tehoinen aurinkovoimala kolmesta eri analysoidusta teholuokasta, mutta kaikissa vaihtoehtoissa kannattavuus jäi heikoksi koska mm. takaisinmaksuaika on pitkä ja omakäyttöaste alhainen. Aurinkovoimalan kannattavuus parani ja takaisinmaksuaika lyheni herkkyysoanalyysissä, kun omakäyttöastetta nostettiin 80%:iin jokaisessa teholuokassa. Tässä tapauksessa paras vaihtoehto oli myös 15 kW tehoinen aurinkovoimala. Energiayhteisöllä voidaan parantaa aurinkovoimalan omakäyttöastetta, kun tuotantoa voidaan jakaa kiinteistösähkön lisäksi myös asunnoille. Tämä puolestaan nostaa aurinkosähköinvestoinnin kannattavuutta.

## ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Electrical Engineering

Pekka Vanhanen

### **Establishment of the energy community for the housing cooperative**

Master's thesis

2022

59 pages, 6 figures, 3 tables and 2 appendices

Examiners: Professor Samuli Honkapuro and Professor Pertti Silventoinen

**Keywords:** solar power plant, energy community, housing cooperative, decision making process of housing cooperative.

The legislation for the energy communities has been changed in Finland, thus it is possible to establish different forms of energy communities and use local generated energy in the apartments within energy community. The objective of this thesis was to research for upcoming foundation of the energy community within a housing cooperative in practice, the case is the housing cooperative of Satonurmi which is located in Kouvola. The authority is managed by the owners in the stockholders' meetings and the form of the energy community will be founded according to their decision. The decision making of the housing cooperative is regarding for instance the sharing of the expenses: either all the residents or part of them will join to the energy community. In the case of partial joining, the community is called the group of the active clients. If the energy community will be founded in some form, then the solar power plant will be purchased and delivered as ready-made for the energy community of Satonurmi, most likely by the funding of bank loan.

The solar panels of the plant will be installed onto east and west sides of the building roof and the profitability of three solar power plants was examined by the net present value method, when the annual hourly data of the solar power output was achieved by the simulations and when the annual hourly data of the electricity consumption was applied.

The most profitable alternative was the most powerful one with the maximum power output 15 kW, although the profitability was low in all three alternatives of power outputs due to solar power plants' low self-use rates and long repay time of the investments. The profitability could be improved and the repay time was shortened if the self-use rate was higher. The self-use rate of the solar power plant can be improved by the energy community, when the produced electricity can be shared for apartments, while it is used in public premises. This is improving the profitability of the investment of the solar power plant in turn.

## KIITOKSET

Haluan kiittää ensinnäkin opinnäytetyön ohjaajia ja valvojia: Samulia sekä Perttiä. Lisäksi kiitän asunto-osakeyhtiö Satonurmen puheenjohtaja Tuijaa avusta työn edistämisessä eli mm. yhteisistä palavereista ja erilaisen tiedon välittämisestä liittyen taloyhtiön asioihin. Kiitokset myös hyvällä ystävälle Samille sekä perheelle auttamisesta ja tukemisesta opinnäytetyön aikana. Kiitokset opiskeluajan kandi- ja maisterivaiheen kurssikavereille sekä eri kursien samoihin projekteihin osallistuneita, joista erityisesti haluan kiittää: Ossi, Jari-Pekka, Elmo, Juho sekä Petri.

## SYMBOLI- JA LYHENNELUETTELO

### Roomalaiset

<i>A</i>	pinta-ala	[m <sup>2</sup> ]
<i>a</i>	leveys	[m]
<i>i</i>	laskentakorkokanta	[%]
<i>l</i>	pituus	[m]
<i>n</i>	investointiajanjakso	[a]
<i>P</i>	perushankintakustannus	[€]
<i>S</i>	nettotulo, -tuotto	[€, €/a]
<i>SM</i>	sähkön myynti	[€/a]
<i>SS</i>	säästö sähkölaskusta	[€/a]
<i>t</i>	aika	[a, h]
<i>V</i>	nettotuottojen nykyarvo	[€]

### Alaindeksit

n	aika vuosissa
t	aika vuosissa
0	0:s vuosi, nykyhetki
1	1:s vuosi
2	2:s vuosi

### Lyhenteet

As. Oy	asunto-osakeyhtiö
--------	-------------------

EU	Euroopan unioni
GSEE	Global Solar Energy Estimator
MERRA	Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications
MPPT	Maximum Power Point Tracking
NASA	National Aeronautics and Space Administration
VTT	Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus

## Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Kiitokset

Symboli- ja lyhenneluettelo

1	Johdanto.....	11
2	Energiayhteisö.....	15
2.1	Paikallinen energiayhteisö .....	16
2.2	Aktiiviset asiakkaat.....	16
2.3	Energiayhteisön taseselvitys .....	17
2.4	Asunto-osakeyhtiölaki ja taloyhtiön päätösprosessi .....	20
2.5	Energiayhteisön sähkönmittaustavat.....	21
3	Aurinkovoimalan mitoitus ja hankinta kohteeseen .....	23
3.1	Taloyhtiön sähkönkulutus v. 2019 .....	23
3.2	Aurinkovoimalan mitoitus kohteeseen .....	24
3.2.1	Suunnitteluparametrit .....	24
3.2.2	Läntisen katonosan tuotanto .....	26
3.2.3	Itäisen katonosan tuotanto.....	28
3.2.4	Aurinkovoimalan tuotanto yhteensä .....	29
3.3	Esimerkki aurinkopaneelista .....	30
4	Aurinkovoimalan mitoitus.....	32
4.1	Aurinkovoimalajärjestelmä .....	32
4.1.1	Aurinkopaneeli .....	32
4.1.2	Vaihtosuuntaaja .....	35
4.1.3	Muut komponentit ja suunnittelunäkökohtia.....	37
4.2	Investoinnin kannattavuus.....	39
4.2.1	Sähköpörssin kuukausittaiset ostohinnat .....	39
4.2.2	Nykyarvomenetelmä.....	40
4.2.3	Investoinnin kannattavuuslaskenta esimerkki.....	40
4.2.4	Herkkyysanalyysi: omakäyttöasteen parantaminen .....	43

5	Energiayhteisön perustaminen tarkasteltavaan kohteeseen .....	46
5.1	Taloyhtiön strategia .....	47
5.2	Hallituksen kokouksen ja yhtiökokouksen yleiset säännöt.....	47
5.3	Energiayhteisön perustamisen ensi toimenpiteet ja taloyhtiön päätösprosessi.....	48
5.4	Sähkönmittauksesta päättäminen .....	51
5.5	Tarjouspyyntö, urakoitsijasta päättäminen ja hankkeen rahoitus .....	52
6	Johtopäätökset.....	54
	Lähteet .....	57

## Liitteet

Liite 1. Vuokaavio taloyhtiön päätösprosessista (jatkuu liitteessä 2)

Liite 2. Vuokaavio taloyhtiön päätösprosessista (jatkoa)



### Kuvaluettelo

Kuva 1: Asunto-osakeyhtiö Satonurmi.

Kuva 2: As. Oy Satonurmen sähkönkulutus.

Kuva 3: 5 kW:n aurinkovoimalan tuotanto v. 2019 lännen puolella.

Kuva 4: 5 kW:n aurinkovoimalan tuotanto v. 2019 idän puolella.

Kuva 5: 10 kW:n aurinkovoimalan tuotanto v. 2019.

Kuva 6: Aurinkovoimalan tuotanto vs. kulutus.

### Taulukkuuettelo

Taulukko 1: Ylijäämäsähkön ostohinnat vuodelta 2019. (Nord Pool).

Taulukko 2: Kolmen erikokoisen aurinkovoimalan vertailu.

Taulukko 3: Kolmen erikokoisen aurinkovoimalan vertailu, kun omakäyttöaste on 80%.

# 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään taloyhtiön energiayhteisömallia sekä mitoitetaan minkä tehoinen aurinkovoimala soveltuisi as. Oy Satonurmelle vuotuisen kiinteistösähkön perusteella. Tärkeimpiä arvostelukriteerejä valinnassa ovat, kun vaihtoehdot on rajattu kolmeen eri aurinkovoimalan teholuokkaan: omakäyttöaste, nettotuotto vuodessa ja aurinkovoimalan takaisinmaksuaika. Työn tavoitteena on kehittää valmis konsepti taloyhtiölle, jossa aurinkovoimalalla tuotettua sähköä käytetään asunnoissa ja julkisissa tiloissa, sekä selvittää taloyhtiön päätösprosessia ja käytännön toimenpiteitä energiayhteisön perustamisessa.

Riippumatta aurinkovoimalan koosta tai sen hyödyntäjästä, niin sen käyttämisestä on erilaisia hyötyjä: esim. energiaomavaraisuus paranee, säästö sähköenergiakuluissa, tuotettu sähkö voidaan tuottaa ja kuluttaa paikallisesti ilman pitkiä siirtoetäisyyksiä sekä lisäksi tässä tapauksessa taloyhtiö on hiilineutraalimpi verrattuna aiempaan, ilman aurinkovoimalaa olleeseen tilanteeseen, kun suurempi osa sähköenergiasta on tuotettu paikallisesti uusiutuvalla energiantuotanto tavalla. Johtuen loppuvuodesta 2021 alkaneesta sähköenergian kallistumisesta, aurinkoenergialla tuotettu sähköenergia on entistä kannattavampaa. Mahdollisesti taloyhtiön aurinkovoimala nostaa asuntojen sekä koko kiinteistön arvoa ja sen avulla taloyhtiö ottaa paremmin huomioon mm. ekologiset arvot ja vaikutukset strategiassaan.

Tähän mennessä, jos taloyhtiössä on ollut aurinkovoimala, niin sen avulla tuotettua sähköä on käytetty vain kiinteistön julkisten tilojen kulutukseen eikä asunnoissa koska aurinkovoimalan tuotannon jakamiseen asuntoihin ei ole ollut tehokkaita menetelmiä. Aiheesta, tai jottenkin tähän aiheeseen liittyen, on kirjoitettu useita opinnäytetöitä (kandi- sekä diplomitöitä), joissa on tutkittu mm. kerrostalon kiinteistösähkönkulutuksen kompensointi aurinkosähköjärjestelmällä (Viljakainen 2015), aurinkosähkön optimaalinen käyttö kerrostalokohteessa (Palander 2018), aurinkosähkön kannattavuutta taloyhtiölle (Vuorinen 2017), energiayhteisöiden potentiaali ja esteet Suomessa (Manninen 2019). Viljakainen, Palander sekä Vuorinen ovat todenneet mm. sen, että aurinkovoimalalla tuotetun sähkön myynti ei ole kannattavaa taloyhtiössä verrattuna siihen, jos taloyhtiö käyttäisi tuotetun sähkön itse. Taloyhtiön ei tarvitse maksaa sähköveroa, siirto- ja sähköenergiamaksua, jotka normaalisti maksettaisiin ostetusta sähköstä, jos omalla aurinkovoimalalla tuotettu sähkö käytetään taloyhtiössä ja jakeluverkkoon myydystä sähköstä saa vain sähköenergian myyntihinnan.

Muuttunut lainsäädäntö mahdollistaa mm. kiinteistön sisäisen energiayhteisön perustamisen myös siten, että asukkaat hyötyvät suoraan aurinkoenergiasta. Esimerkiksi edellä mainituissa töissä ei ole otettu kantaa siihen, miten energiayhteisön perustamisprosessi etenee käytännössä taloyhtiössä.

As. Oy Satonurmi on viisikerroksinen kerrostalo ja se valmistui vuonna 1959 Kouvolan Satonurmen kaupunginosaan (Kuva 1). Alimmassa kerroksessa sijaitsee kaksi asuntoa, pyörävarasto, säilytystilat asukkaiden tavaroille, sauna- ja pesutilat, pesutupa pyykinpesua varten, liikehuoneisto, A-portaan ja kiinteistösähkön sähkömittarit sähköpääkeskuksessa, erillinen kaappi B-portaan sähkömittareille sekä muita tiloja, jotka toimivat lähinnä säilytystiloina esimerkiksi entinen pannuhuone. Kerroksissa 2, 3 ja 4 on eri kokoisia asunhuoneistoja, joiden tyyppi vaihtelee yksiöstä neliöön, ja viidennen kerroksen yläpuolella on ullakko. Yhteensä asuntoja on 32 kahdessa hissittömässä rapussa. Kiinteistö kuuluu kaukolämpöverkoon ja kaikki tilat on lämmitetty paitsi ullakko.



Kuva 1. Asunto-osakeyhtiö Satonurmi.

Vaikka yksi energiayhteisökäsikirja on jo julkaistu (Elenia ja VTT) ja jotkut taloyhtiöt ovat siirtyneet hyödyntämään aurinkoenergiaa niin kaikille taloyhtiöille esim. Satonurmelle ei ole

selvää, miten energiayhteisö perustetaan ja mitä haasteita siihen liittyy. Joten tässä opinnäytetyössä tehdään operatiivinen tutkimus siitä, miten perustetaan energiayhteisö as. Oy Satonurmelle, kun sähköenergiaa tullaan tuottamaan taloyhtiön omalla aurinkovoimalalla. Energiayhteisön perustamiseen liittyy aina käytännön toimenpiteitä ja tässä työssä on selvitetty toimenpiteisiin kuuluvaa taloyhtiön päätöksentekoa tai päätöksentekoprosessia tutustumalla mm. as. Oy Satonurmen yhtiöjärjestykseen. Lisäksi aiheeseen perehdytään muun kirjallisuuskatsauksen avulla mm. selvittämällä asianmukaista Suomen lainsäädäntöä, mutta ei kaikenkattavasti. Päätöksentekoprosessi käsittää mm. äänestämisen energiayhteisön muodosta ja sähkön mittaustavasta yleensä ylimääräisessä yhtiökokouksessa. Lisäksi on päätettävä, miten katetaan energiayhteisön perustamisesta aiheutuvat kustannukset ja tarjouspyynnön perusteella valitaan urakoitsija, joka toteuttaa aurinkovoimalan laitehankintoineen käytännössä. Aihetta tutkitaan analysoimalla taulukkolaskentaohjelmalla taloyhtiön yleisten tilojen sähkönkulutustietoja ja vertaamalla niitä tietyn kokoisella aurinkovoimalalla tuotettuun sähköenergian määrään vuoden ajalta tuntitasolla. Tuotantotiedot on saatu simuloimalla. Näistä tiedoista saadaan selville ylituotanto ja se sähkön osuus millä taloyhtiö voi kattaa oman kulutuksensa ja kun tunnetaan sähkön osto- ja myyntihinnat vuodelta 2019 niin nykyarvomenetelmällä tutkitaan kolmen eri kokoisen aurinkovoimalan kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa.

Tutkimuksesta rajataan pois, miten aurinkovoimalalla tuotettua sähköä voisi käyttää sähköautojen lataukseen as. Oy Satonurmessa. Tässä työssä esitellään tärkeimmät aurinkovoimalan komponentit yleisellä tasolla, mutta niitä ei mitoiteta eikä valita kohteeseen esim. vaihtosuuntaajaa siksi, että aurinkovoimalan toimittava yritys tekee niin, mutta kartoitetaan käytökelpoinen katonosa aurinkopaneeleille. Tutkimuksessa ei myöskään oteta kantaa, miten energiayhteisön perustaminen nostaisi taloyhtiön energiatodistusluokkaa, joka on F vuoden 2015 kriteereiden mukaan keväällä 2022, koska kiinteistö on lämmitetty kaukolämmöllä, vaikka aurinkovoimalalla tuotetulla sähköllä voisi myös lämmittää kiinteistöä ja käyttövettä.

Toisessa luvussa kuvataan energiayhteisö ja asiaan kuuluvaa lainsäädäntöä. Kolmannessa luvussa on kuvattu mistä komponenteista aurinkovoimala koostuu sekä tarkastellaan investoinnin kannattavuutta kolmen eri kokoisen voimalan tapauksessa. Neljännessä luvussa kerrotaan taloyhtiön yleisten tilojen sähkönkulutus ja sitten on simuloitu v. 2019 ensin eri katonosien tuotanto ja sen jälkeen on yhdistetty näiden kahden katonosan tuotanto.

Viidennessä luvussa kerrotaan mm. miten päätöksenteko prosessi etenee taloyhtiössä eli miten energiayhteisö perustetaan käytännössä.

## 2 Energiayhteisö

Energiayhteisö tarkoittaa sitä, että taloyhtiön asunnon asukas tai asukkaat voi liittyä siihen vapaaehtoisesti, jolloin hän tai he pääsevät hyötymään taloudellisesti taloyhtiön aurinkovoimalla tuotetusta sähköstä. Vuonna 2020 oli epäselvää se, että pitääkö kiinteistössä asuvan vuokralaisen kuulua energiayhteisöön vuokrasopimuksen velvoittamana, josta olisi se hyöty, että vuokrasopimuksen päätyttyä mahdollisesti uusi vuokralainen jatkaisi energiayhteisön jäsenenä, jolloin varmistuttaisiin energiayhteisön aurinkovoimalan tehokkaammasta hyödyntämisestä (Vattenfall 2020). Kuitenkin jäljempänä on kerrottu yhdestä ns. energiayhteisön mallista, johon liittyvät kaikki asukkaat ottamatta kantaa siihen onko asukas vuokralainen vai omistaja. Energiayhteisöstä pois jäävät asunnot asukkaineen eivät osallistu kustannuksiin, joita syntyy aurinkovoimalan perustamisesta, käytöstä, huollosta jne. Jotta energiayhteisö olisi järkevä perustaa, niin riittävän usean asunnon pitää liittyä siihen ja näin ollen kustannukset saadaan jaettua mahdollisimman monen asukkaan kesken.

Hyvityslaskennalla tarkoitetaan: ”energiayhteisön yhteisten energiaresurssien, kuten tuotantoyksiköiden ja sähkövarastojen sähköenergian jakamista yhteisön jäsenille.” (Elenia ja VTT.)

Aikaisemmin hyvityslaskennan esteenä on ollut lainsäädäntö, jonka mukaan taloyhtiön kiinteistöverkossa asukkaille jakeluverkkoyhtiöiden mittareiden kautta kulkevasta aurinkosähköstä on pitänyt maksaa sähkövero ja sähkönsiirtomaksu samalla tavalla, jos aurinkosähkö olisi myyty sähkömarkkinoille siirtoverkon kautta, vaikka aurinkosähköä käytetään asukkaiden kulutuksen kattamiseen taloyhtiön kiinteistöverkon sisällä ilman, että sitä johdettaisiin jakeluverkkoyhtiön sähköverkkoon. (Auvinen 2020a.)

EU:n energiayhteisöjä koskevan lainsäädännön seurauksena hyvityslaskentamalli muuttui Suomessa lailliseksi (Auvinen 2020a). Muutokset liittyvät Valtioneuvoston asetukseen sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta mm. kohtiin paikallinen energiayhteisö sekä aktiiviset asiakkaat (1. luku: § 3 ja § 4) ja asetus hyväksyttiin 22.12.2020 ja tuli voimaan 1.1.2021 (Lähienergia 2020).

## 2.1 Paikallinen energiayhteisö

Paikalliseen energiayhteisöön voi liittyä vapaaehtoisesti, ellei taloyhtiön tapauksessa päätetä toisin (ks. kohta 2.4), ja sen hallinta kuuluu siihen liittyneille jäsenille tai osakkaille, joita voivat olla myös kunnat, paikallisviranomaiset taikka pienet tai keskisuuret yritykset henkilöiden ohella. Sen tehtävänä on tuottaa sekä toimittaa sähköenergiaa, jota osakkaat kuluttavat. Lisäksi sen tehtäviin voi kuulua aggregointi, energian varastointi, sähköajoneuvojen latauspalvelut, tarjota energiatehokkuuspalveluja tai muita energiapalveluja osakkailleen, mutta sen ensisijainen tarkoitus ei ole tuottaa taloudellista hyötyä eli voittoa muuten kuin sen osakkaille ja muut sen hyödyt kytkeytyvät paikalliseen ympäristöön sekä paikalliseen sosiaaliseen yhteisöön. Paikallisessa energiayhteisössä sähkönkäyttöpaikkojen esim. asuntojen ja kiinteistösähkön sähkönkulutusten mittaukset kuuluvat jakeluverkonhaltijalle ts. on käytettävä jakeluverkonhaltijan mittareita. Jakeluverkonhaltijalla tässä tarkoitetaan tahoja, joka on vastuussa sähköenergian mittauksesta paikallisessa energiayhteisössä. Paikallisen energiayhteisön on rekisteröidyttävä sähköntoimitusten selvitystä varten samalle mittauksen suorittavalle toimijalle. Näiden sähkönkäyttöpaikkojen eli mm. asuntojen pitää kuulua samaan kiinteistöön tai siihen vastaavaan kiinteistöryhmään sekä asunnot ja myös kiinteistösähkö on kytketty jakeluverkkoon yhdellä yhteisellä sähköliittymällä. Aurinkovoimala ja mahdollisesti akusto kuuluvat samaan sähköliittymään. (Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 2021/1 § 3.)

Edellisen kappaleen seikoista kaikki toteutuvat as. Oy Satonurmessa paitsi energian aggregointi ja varastointi, jos kiinteistöön ei hankita esim. akustoa aurinkovoimalan yhteyteen, sekä sähköautojen latauspalvelu on epävarma, toteutuuko se tulevaisuudessa.

## 2.2 Aktiiviset asiakkaat

Taloyhtiön osakkaat eli loppukäyttäjät voivat perustaa aktiivisten asiakkaiden ryhmän sähköntoimitusten selvityksen takia, jos tämä ryhmä tuottaa tai varastoi sähköenergiaa yhdessä, mutta se ei saa olla osakkaiden pääasiallista liike- tai ammatillista toimintaa. Ryhmä voi osallistua joustoa eli esim. kulutusjoustoja, jossa mm. sähkönkulutusta pyritään ajoittamaan samaan aikaan aurinkovoimalan maksimituotannon kanssa, tai energiatehokkuutta liittyviin järjestelyihin. Samoin kuin on mainittu kohdassa 2.1, niin aktiivisten asiakkaiden ryhmässä: jakeluverkonhaltijan mittareita käytetään sähkönkulutuksen mittaukseen ja aktiivisten

asiakkaiden ryhmän on rekisteröidyttävä tälle mittauksen hoitavalle taholle sähköselvitystä varten, sähkökäyttöpaikkojen pitää kuulua samaan kiinteistöön tai vastaavaan kiinteistöryhmään sekä kiinteistön sähkökäyttöpaikat on kytketty jakeluverkkoon yhdellä yhteisellä sähköliittymällä, johon kuuluvat myös aurinkovoimala ja mahdollisesti akusto. (Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 2021/1 § 4.)

Edellisistä seikoista kaikki toteutuvat taloyhtiössä paitsi se, jos osakkaat päättävät yhtiökouksessa olla käyttämättä verkkoyhtiön (KSS Energia) sähkömittausta asunnoissa ja muualla kiinteistössä. Tämä vaihtoehto on kuitenkin epätodennäköinen.

Paikalliseen energiayhteisöön liittyy kaikki asukkaat (osakkeenomistajat ja vuokralaiset), joten sen kustannukset ja liittymisestä seuraavat hyödyt jakaantuvat kaikille taloyhtiön asukkaille. Jos aurinkovoimalan tuotanto ylimitoitetaan ja mahdollisesti järjestelmä sisältää akuston (ei-tavanomaista tasoa oleva uudistus), niin tässä energiayhteisön tapauksessa siihen liittyminen on vapaaehtoista ja kustannukset ja hyödyt koskevat vain liittyviä jäseniä. Aktiivisten asiakkaiden ryhmään liittyminen on myös vapaaehtoista ja samoin kustannukset ja hyödyt koskevat vain heitä. Taloyhtiön päätösprosessissa vaikutetaan siihen minkälainen energiayhteisö tullaan perustamaan ja mm. näistä päätöksistä on kirjoitettu enemmän kohdassa 2.4. (Elenia ja VTT, s. 12.)

### 2.3 Energiayhteisön taseselvitys

Taloyhtiön asukkaista koostuva paikallinen energiayhteisö käyttää tai varastoi aurinkovoimalalla tuotetun sähköenergian eli yhteisen energiaresurssin ensisijaisesti kiinteistön yleisten tilojen kulutuksen kattamiseen. Jos tuotanto ylittää kiinteistön kulutuksen, jaetaan ylijäämä sähkö yhteisön jäsenille sen ilmoittamien jako-osuuksien mukaisesti, joka pienentää jokaisen jäsenen sähkönostoa oman osuuden verran. Tätä asuntoihin jaettua sähköä kutsutaan hyvityslaskennaksi. (Elenia ja VTT, s. 15.)

Edellä mainittu hyvityslaskenta pohjautuu energiayhteisön antamiin tietoihin jako-osuuksista ja niiden yhteen laskenta suoritetaan jokaiselle sähkömarkkinan tase- eli mittausjaksolle erikseen. Yleensä käy niin, että aurinkovoimala tuottaa ja asunnossa kulutetaan sähköä eri aikaan saman mittausjakson aikana, joten tuotanto ja kulutus voidaan summata sähköverkkoyhtiön sähkömittauksen netotuksessa ja hyvityslaskennassa. Täten ajoittumisella ei ole merkitystä koska mittausjaksonetotuksessa lasketaan ainoastaan yksi sähkönkulutusta tai -



tuotantoa esittävä mittaustulos mittaajajaksolle huolimatta siitä, että kulutus ja tuotanto mitataan erikseen sähkömittarilla. Älymittareilla suoritettu mittaajajakso laskee tunnista 15 minuuttiin alkaen 22.5.2023 (Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 2021/8 § 3). Asiakkaan tai asukkaan veloitus perustuu hyvityslaskettuun sähköenergiaan. Hyvityslaskenta vaikuttaa useampaan kuin yhteen sähköenergian mittauspisteeseen kerrallaan, se pitää sisällään mittaajajakso- sekä vaihenetotuksen ja se on tehty mahdolliseksi asetuksen 1133/2020 tultua voimaan. (Elenia ja VTT, s. 10-11.)

Valtioneuvoston asetuksessa (4. luku 3 §, paikallisen energiayhteisön ja aktiivisten asiakkaiden ryhmän mittaustietojen käsittely taseselvityksessä) on kirjoitettu mm. taseselvityksestä ja jako-osuuksista: energiayhteisön eli paikallisen energiayhteisön tai aktiivisten asiakkaiden ryhmän tuottama tai akustosta syötetty sähköenergia jaetaan taloyhtiön sähkönkäyttöpaikeille energiayhteisön itse julkaisemien jako-osuuksien mukaan taseselvityksessä jos akuston tai aurinkovoimalan taikka sähköntuotantolaitteiston nimellisteho on alle 1 MVA. Jakeluverkonhaltija suorittaa sähkömittauksen riippumatta sähkönsyötön lähteestä. (Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 2021/4 § 3.)

Edellisessä kohdassa mainittu jakeluverkon haltija on paikallinen verkkoyhtiö, jos sähköenergian mittaus suoritetaan verkkoyhtiön mittareilla asunnoissa sekä muualla kiinteistössä.

Jos asukkaan tai asunnon osuus mittaajajaksolla ylittää hänen tai asunnon sähkönkulutuksen, niin hänelle tai asunnolle ei muodostu sähkönkulutusta tällä mittaajajaksolla ja ylijäänyt osa sähköenergian tuotanto-osuudesta siirtyy energiayhteisölle myytäväksi sähkömarkkinoille tai asunto saa myydä oman ylijäämäsähkön, jos niin päätetään yhtiökokouksessa. (Elenia ja VTT, s. 15.)

Valtioneuvoston asetuksessa on kirjoitettu mm. ylijäämäsähkön käsittelystä: jos esim. asuntoon tai muuhun sähkönkäyttöpaikkaan syötetty osuus sähköstä ylittää ennakkoon sille kuuluvan sovittun jako-osuuden sähköstä taseselvitysjakson aikana, niin syötetään tämä sähkö ylijäävä osuus jakeluverkkoon. Energiayhteisö eli paikallinen energiayhteisö tai aktiivisten asiakkaiden ryhmä päättää taseselvityksessä, miten sähkö jaetaan eli esim. sovittujen osuuksien mukaisesti kullekin sähkönkäyttöpaikalle. (Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 2021/4 § 3.)

Jokaisen energiayhteisön jäsenen hyvityslaskennasta syntynyt ylijäämäsähkö summataan mittaajajakson aikana ja energiayhteisö myy sen yhtenä kokonaisuutena keskitetysti

kiinteistösähkön mittauksen kautta tai toinen vaihtoehto on se, että asuntokohtainen ylijäämä sähkö voidaan myydä suoraan myös asunnonhaltijan tai vuokralaisen oman sähkösopimuksen kautta, jos heillä on sopimus ylijäämä sähkömyynnistä sähkömyyjänsä kanssa. Tässä tapauksessa sähkömyyjä maksaa kullekin jäsenelle ylijäämä sähköstä sopimuksen mukaan, mutta tämä menettelytapa vaatii erillisen yhtiökokouksen enemmistö päätöksen. Esimerkiksi jos energiayhteisön aurinkovoimala tuottaa sähköenergiaa 10 kWh mittausjaksolla niin siitä jaetaan ensin kiinteistön sähkökulutukseen 4 kWh ja ylijäävä osuus 6 kWh asuntojen kesken jako-osuuksien mukaisesti esim. tasan. Jos yhdeltä asunnolta jää käyttämättä 0,5 kWh ja toiselta 1 kWh, niin nämä ylijäämät lasketaan yhteen mittausjaksolta ja energiayhteisö myy 1,5 kWh jakeluverkkoon yhteisesti. Toinen vaihtoehto oli, että nämä kaksi asuntoa myyvät itsenäisesti oman ylijäämä sähkö (0,5 kWh ja 1 kWh) sähkösopimuksensa mukaisesti. Edellinen vaihtoehto ei ole mahdollista energiayhteisön omalla sähkömittauksella ts. sähkömittareilla koska siinä tapauksessa kenelläkään energiayhteisön jäsenellä ei voi olla omaa sähkösopimusta kuten on todettu kohdassa 2.5. (Elenia ja VTT, s. 15.)

Valtioneuvoston asetuksessa on määriteltä mm. miten sähkö jaetaan yhteisön jäsenten kesken:

*”Jakaminen tulee tehdä siten, että paikalliseen energiayhteisöön tai aktiivisten asiakkaiden ryhmään kuuluvaan sähkökäyttöpaikkaan jakeluverkosta otettu sähkö määrä ja sille energiayhteisön tai ryhmän ilmoituksen mukaisesti kuuluva osuus energiayhteisön tai ryhmän jakeluverkkoon syöttämästä sähkö määrästä lasketaan yhteen kunkin taseselvitysjakson aikana (taseselvitysjakson sisäinen hyvityslaskenta).” (Valtioneuvoston asetus sähkötoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 2021/4 § 3.)*

Eli taseselvitysjakson sisäinen hyvityslaskenta on siis yksinkertaistettuna aurinkovoimalalla tuotetun sähkö jakamista energiayhteisön tai aktiivisten asiakkaiden kesken taseselvityksessä ja laskutuksessa. Tasejakson sisäisellä netoituksella tarkoitetaan siis yksinkertaistettuna, että sähkö vaiheesta riippumatta kaikki tasejakson aikana aurinkovoimalalla tuotettu sähkö ja samana aikana kiinteistössä sekä asunnoissa kulutettu sähkö lasketaan yhteen. Jos sähkökulutus on suurempi kuin aurinkosähkö tuotanto, niin kaikki tuotettu aurinkosähkö

lasketaan itse käytetyksi. Valtioneuvoston asetuksessa on todettu, että käytännössä tämä menettely (taseselvitysjakson sisäinen netotus) on tehtävä ennen sähkön jakamista osakkaille (taseselvitysjakson sisäinen hyvityslaskenta) ja yksittäisen asukkaan sekä taloyhtiön laskutus eli joko sähkön myynti tai osto perustuu taseselvitykseen (Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 2021/4 § 3).

#### 2.4 Asunto-osakeyhtiölaki ja taloyhtiön päätösprosessi

Energiayhteisön perustaminen edellyttää taloyhtiön päätöksen. Taloyhtiön päätöksentekoon vaikuttaa se onko energiayhteisön perustaminen ja siihen kuuluvien investointien, mm. aurinkopaneelien, olevan tasoltaan tavanomainen, jolloin aurinkovoimalan tuotto mitoitetaan pääasiassa vain kattamaan kiinteistön oma (asunnot ja yleiset tilat) sähkönkulutus vai ei-tavanomainen uudistus, jolloin aurinkovoimalan tuotto mitoitetaan reilusti suuremmaksi kuin oma kulutus. Jos energiayhteisö realisoidaan koko taloyhtiön hankkeena eli kaikki osakkaat tai asukkaat osallistuvat siihen, niin valtioneuvoston asetuksessa tarkoitetaan paikallista energiayhteisöä, joka on kuvattu kohdassa 2.1. Tai jos energiayhteisö toteutetaan yhden tai useamman asukkaan tai osakkaan omana hankkeena, niin silloin valtioneuvoston asetuksessa tarkoitetaan aktiivisten asiakkaiden ryhmää, joka on kuvattu kohdassa 2.2. Riippumatta siitä, perustetaanko paikallinen energiayhteisö tai aktiivisten asiakkaiden ryhmä, taloyhtiön on päätettävä siitä kuka suorittaa energiayhteisön sähkönmittauksen. Sen ja samalla laskutuksen suorittaa joko verkkoyhtiö tai energiayhteisö itse omilla asuntokohtaisilla mittareillaan. (Elenia ja VTT, s. 12.)

Kun taloyhtiön hanke päätetään toteuttaa edellä mainitussa laajuudessa: tavanomaista tasoa oleva uudistus, niin päätöksen sen perustamisesta voi tehdä yhtiökokouksen enemmistöpäätöksellä eli jos yli puolet äänistä kannattaa tätä ehdotusta (Asunto-osakeyhtiölaki 2009/6 § 26). Näin ollen aurinkovoimalan kaikki kustannukset jakautuvat kaikille osakkaille kuten myös oikeus energiayhteisön tuottamaan hyötyyn, josta osakkaalla on mahdollisuus kieltäytyä, mutta aurinkovoimalan kustannuksista ei ole mahdollista kieltäytyä. (Elenia ja VTT, s. 12.)

Kun taloyhtiön hanke päätetään toteuttaa edellä mainitusti: ei-tavanomaista tasoa oleva uudistus (ylituotantoa syntyy todennäköisesti paljon ja sähköä myydään ulos verkkoon ja/tai varastoidaan akustoon), niin tässä tapauksessa tarvitaan yhtiökokouksen määräenemmistöpäätös eli jos vähintään kaksi kolmasosaa annetuista äänistä ja kokouksessa edustetuista

osakkeista kannattaa tätä ehdotusta (Asunto-osakeyhtiölaki 2009/6 § 27). Siis molempien ehtojen on toteuduttava määräenemmistöpäätöksessä. Hankkeeseen osallistuvat vain tähän suostuvat osakkaat, jolloin aurinkovoimalan kaikki kustannukset jakautuvat näille osallistuville osakkaille kuten myös oikeus energiayhteisön tuottamaan hyötyyn. Kustannukset peitetään tyypillisesti erillisellä vastikkeella esim. rahoitusvastikkeella ja tästä hankkeesta poisjäävät osakkaat eivät osallistu maksuihin. (Elenia ja VTT, s. 12.)

Jos aktiivisten asiakkaiden ryhmä toteuttaa hankkeen, niin tämän ryhmän muodostamiseen liittyvät muutostyöt ts. päätös sen hyväksynnästä edellyttää taloyhtiön yhtiökokouksen enemmistöpäätöksen. Investointi jakautuu ainoastaan aktiivisten asiakkaiden ryhmän jäsenille kuten myös hankkeen tuottamat hyödyt. (Elenia ja VTT, s. 12.)

Kaikissa kolmessa edellä mainitussa tapauksessa sähköenergian mittauksen voi hoitaa sähköverkkoyhtiö tai sitten energiayhteisö suorittaa sen itse, mutta silloin on määrättävä sähkön yhteishankinnasta yhtiöjärjestyksessä. Jos energiayhteisö päättää hyödyntää verkkoyhtiön sähköenergian mittausta ennen vuotta 2023, niin se edellyttää, että verkkoyhtiö tarjoaa vapaaehtoista hyvityslaskentapalvelua energiayhteisölle. (Elenia ja VTT, s. 12.)

## 2.5 Energiayhteisön sähkönmittaustavat

Energiayhteisö voi valita ja päättää miten tai millä tavalla mitataan asuntojen sähkönkulutus ja kiinteistösähkö. Valinta tehdään kahden mittaustavan välillä, joita ovat sähköverkkoyhtiön- tai energiayhteisön oma mittaustapa, ja päätös tehdään esim. äänestämällä yhtiökokouksessa. Päätöksenteosta mittaustavan valinnassa on kirjoitettu kohdassa 5.4.

Merkittävä ero mittaustapojen välillä on se, että energiayhteisön mittaustavassa on käytettävä sen omia mittareita (ns. takamittarointi), jolloin pitää hankkia uudet sähkömittarit sähköyhtiön mittareiden tilalle ja energiayhteisön samalla varmistua siitä, että sähkömittarit ovat vaatimusten mukaisia ts. ne täyttävät mittauslaitelain vaatimukset. Samoin laskutus muuttuisi ainakin laskuttajan osalta koska energiayhteisöllä on yhteinen sähkön ostosopimus ja verkkopalvelusopimus eikä energiayhteisön jäsenillä voi olla näitä sopimuksia samaan aikaan niin yksittäisen asukas ei voi esim. kilpailuttaa sähkönsopimustaan. (Elenia ja VTT, s. 16.)

Takamittaroinnissa taloyhtiön sähköpääkeskuksessa on sähköverkkoyhtiön ns. summamittari, joka mittaa koko kiinteistön sähkönkäytön. Kiinteistön sisäisen sähköverkon

sähkölmittarit (asunnot ja kiinteistö sähkö) omistaa energiayhteisö. Takamittarointiin siirryttäessä on kuitenkin joitakin etuja; mm. pienempi siirto- ja sähköhankinta maksu perusmaksun kannalta, kun energiayhteisön yhteisen sopimuksen perusmaksu on suhteellisesti halvempi kuin kaikkien taloyhtiön asuntojen sähkösopimusten perusmaksujen summa. Energiayhteisö voi myös säästää siirto- ja sähkösopimuksessa eli se maksaa suhteessa vähemmän edellä mainitusta yhteisen sopimuksen maksuista isompana kuluttajaryhmänä kuin yksittäinen pienasiakas eli asunto. On olemassa myös mahdollisuus, että energiayhteisö ostaa vanhat sähkömittarit paikalliselta jakeluverkkoyhtiöltä, jolloin muutostöitä ei tarvita, mutta joka tapauksessa verkkoyhtiön aikaisemmin jo maksetut sähkömittarit pitäisi maksaa uudestaan. Yksittäisellä energiayhteisön jäsenellä pitää olla mahdollisuus erota tästä sähkömittausjärjestelystä, mutta hänen pitää maksaa itse eroamisesta aiheutuvat kustannukset. Jos energiayhteisö päättää siirtyä käyttämään takamittarointia sekä samalla solmia yhteisen sähkösopimuksen niin nämä muutokset vaativat yhtiöjärjestyksen muuttamisen taloyhtiössä, joka tarkoittaa osakkeenomistajilta yksimielistä päätöstä yhtiöjärjestyksen muuttamiseksi. Takamittarointijärjestely pitää kirjata yhtiöjärjestykseen. (Auvinen 2020b.)

Sähköverkkoyhtiön mittaustavassa pysyminen ei siis aiheuta muutoksia, eikä lisäkustannuksia koska vanhat sähkömittarit sekä energiayhteisön jäsenten vanhat sähkösopimukset säilyvät ennallaan. (Elenia ja VTT, s. 14.)

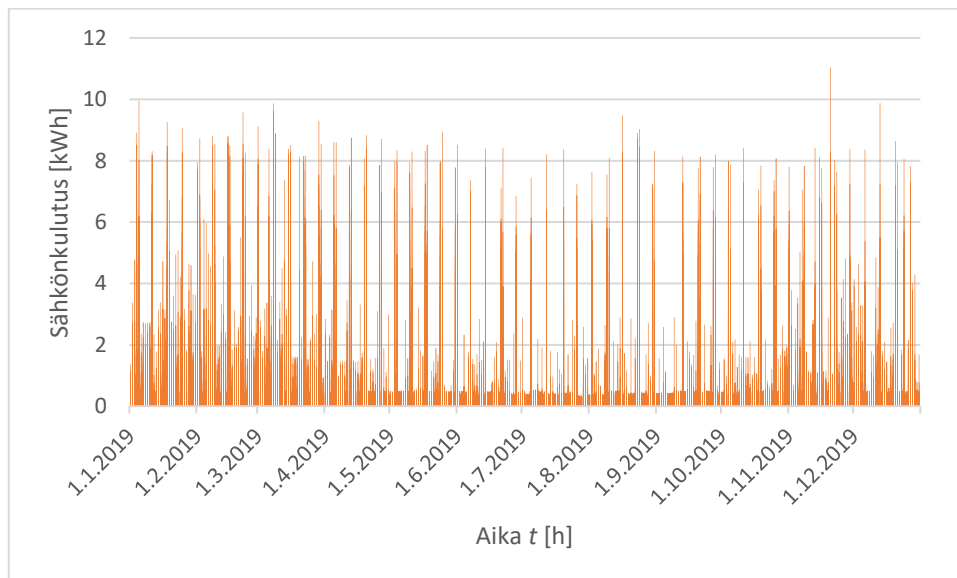
Yhtiöjärjestyksen muuttaminen yksimielisesti on epävarmaa taloyhtiön yhtiökokouksessa koska energiayhteisöstä poisjäävät tuskin haluavat siirtyä käyttämään energiayhteisön omia sähkömittareita lisäkustannusten takia eli takamittarointiin siirtyminen ei ole kovin kustannustehokasta, kun vanhat sähkömittarit ovat jo olemassa. On epäselvää saako ja onko taloyhtiössä edes mahdollista olla molemmat sähkömittaustavat käytössä esim., jos jäsen haluaa erota takamittaroidusta energiayhteisöstä, niin todennäköisesti ei ole muuta mahdollisuutta kuin siirtyä käyttämään sähköverkkoyhtiön mittareita ja tämä vaatisi molempien mittaustapojen käyttöä. Kohdassa 5.3 on otettu esille muita tähän mittaustapaan mahdollisesti kuuluvia haasteita.

### 3 Aurinkovoimalan mitoitus ja hankinta kohteeseen

Tässä luvussa käsitellään ja analysoidaan taloyhtiön yleisten tilojen sähkönkulutusta tuntitasolla, määritetään parametrit aurinkovoimalan mitoitusta varten ja mm. niiden avulla määritetään ensin läntisen- sekä itäisen katonosan tuotanto, jotka laskemalla yhteen saadaan koko aurinkovoimalan tuotanto vuodessa. Tuntitason kulutustilaston on toimittanut paikallinen sähköntoimittaja ja energian myyjä: KSS Energia.

#### 3.1 Taloyhtiön sähkönkulutus v. 2019

Taloyhtiössä sähköä kuluu mm. eri tilojen valaistukseen esim. rappukäytävät, saunan lämmitykseen, yhteiskäyttöön tarkoitettujen pesukoneen ja kuivausrummun hyödyntämisestä sekä auton lämmitystolppien käytöstä yleensä talvisaikaan. Kuva 2 esittää taloyhtiön yleisten tilojen sähkönkulutusta v. 2019. Asuntojen ja siten koko kiinteistön sähkönkulutustietoja ei voida hyödyntää tietosuojasyistä.



Kuva 2. As. Oy Satonurmen sähkönkulutus. Vaaka-akselilla on merkitty vuoden jokaisen kuukauden 1. päivä ja pystyakselilla on sähkönkulutus vuoden jokaiselta tunnilta. (Datan lähde: KSS Energia)

Kuvassa 2 nähdään, että sähkön kulutus on varsin epätasaista, kun kulutus on ollut yhteensä 8393 kWh vuonna 2019. Keskimääräisesti n. 17% kulutuksesta tapahtuu päivällä klo 11-15 kun huomioidaan kokonaiskulutus vuoden 2019 jokaisena tuntina. Tuotanto on suurimmillaan tähän aikaan tai tällä aikavälillä vuorokaudesta. Suurin kulutus ajoittuu klo 17-19 välille iltaan, kun kulutustiedoista on laskettu kuinka monta kertaa tietyn tunnin kulutus ylittää keskiarvon. Tästä huolimatta yksittäinen kulutushuippu sattuu klo 15 iltapäivälle 20.11.2019, joka on 11,04 kWh. Huipunkäyttöaika on 760 tuntia vuodessa [h/a] eli kokonaiskulutuksen suhde kulutushuippuun.

### 3.2 Aurinkovoimalan mitoitus kohteeseen

Aurinkopaneelista saadaan paras teho, kun se on suunnattu etelään pohjoisella pallonpuoliskolla (Boxwell 2014, s. 45). Tätä kulmaa, joka ilmoittaa mihin ilmansuuntaan aurinkopaneeli tai kokonainen aurinkovoimala on suunnattu, kutsutaan atsimuutiksi. Toinen tärkeä kulma on kallistuskulma:  $0^\circ$  tarkoittaa, että paneeli on vaakasuorassa ja vastaavasti  $90^\circ$  sitä, että paneeli on täysin pystysuorassa maan pintaan nähden.

#### 3.2.1 Suunnitteluparametrit

Taloyhtiön kerrostalo on rakennettu likimain pohjoinen-etelä suunnassa ts. sen päädyt eli lyhyimmät sivut suuntautuvat pohjoisen ja etelän suuntaan. Kerrostalossa on harjakatto, jonka harja on poikittain päätyjä vastaan eli katto suuntautuu jokseenkin itään ja länteen. Katon kallistuskulma on vakio.

Kallistuskulma saatiin mittaamalla älypuhelimien (kompassi) sovelluksella sisäkatosta ullakolla ja se on n.  $21^\circ$ . Kulma on sama itä- ja länsipuolella kattoa. Atsimuutti -kulma määritettiin myös samalla älypuhelimien sovelluksella ja sen arvo lännen suunnassa on n.  $265^\circ$ . Kulman arvoon vaikutti se, missä asennossa (pysty, vaaka tai näiden välissä) puhelinta pidettiin kädessä ja jokaisella mittauskerralla tulos poikkesi useita asteita edellisestä. Älypuhelimien sovelluksen kalibrointi ei parantanut tarkkuutta.

Samalla menetelmällä mitattuja tuloksia idän suunnassa ei voitu pitää luotettavina, joten tarkimmin itäpuolen atsimuutti -kulma saadaan, kun lännen vastaavasta arvosta vähennetään  $180$  astetta niin atsimuutti -kulma idän suunnassa on  $85^\circ$ . Koska aurinkovoimalan teho

riippuu monesta muuttujasta esim. sää on erilainen joka vuonna niin näiden kahden kulman tarkempi määrittäminen ei ole oleellista.

Optimaalinen katon tai aurinkopaneelien kallistuskulma riippuu vuodenaikasta ja paikasta eli tarkemmin paneelien asennuspaikan leveysasteesta, joka on noin  $60,9^\circ$  Kouvolassa renewables.info -sivujen mukaan. Aurinkopaneelien kiinteän asennuksen optimaalinen kallistuskulma on koko vuoden aikana:  $90^\circ - 60,9^\circ \approx 29,1^\circ$  (koko vuoden asetus), optimaalinen kallistuskulma talven aikana:  $90^\circ - 60,9^\circ - 15,6^\circ \approx 13,5^\circ$  (talviasetus) ja optimaalinen kallistuskulma kesän aikana:  $90^\circ - 60,9^\circ + 15,6^\circ \approx 44,7^\circ$  (kesäasetus). Koko vuoden asetus on kompromissi, joten maksimi tuotantoa ei saavuteta vuoden jokaisena kuukautena. (Boxwell 2014, s. 44-45.)

Edellä lasketuista kulmista talviasetus on lähimpänä todellista katon kulmaa (ero n.  $7,5$  astetta), mutta koko vuoden asetus poikkeaa noin  $8,1$  astetta todellisesta katon kallistuskulmasta.

Kiinteistön katon pinta-alasta ei ole tarkkoja tietoja, mutta kerrostalon pohjan ts. rakennuksen ulkomitat ovat tiedossa eli ne näkyvät talon poikkileikkauskuvassa tai -piirustuksessa. Kerrostalon pohjan muoto ei ole suorakaiteen muotoinen eikä katto ole täysin yhtenäinen. Länsipuolella kattoa ja eteläisessä sekä pohjoisessa päädyssä on kapeampi katonosa, joka on eri tasossa sekä alempana kuin muu suurempi osa kattoa. Katon itäpuolella on savupiippu katon ja seinän rajapinnassa. Savupiippu on rakennettu osittain julkisivun ulkopuolelle ja osittain seinän (sisäpuolelle) sekä katon puolelle ja siten se rajoittaa piirustuksesta arvioiden  $0,5 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$  eli  $0,6 \text{ m}^2$ :n verran yhtenäistä katto pinta-alaa, mutta sen aiheuttama varjostuma on todennäköisesti suurempi haitta aurinkovoimalan tuotannolle. Rakennuksen pituus eli länsi- ja itäisivujen pituudet ovat  $39,1$  metriä, eteläpäädyn pituus on  $14,6$  m ja pohjoispäädyn pituus on  $17,15$  metriä. Kun katon kallistuskulma tiedetään ja rakennuksen leveys voidaan laskea piirustuksesta laskemalla yhteen huoneistojen pituudet ja seinien paksuudet, talon keskeltä etelä- ja pohjoispäätyjen välistä, niin katon sivun pituus  $l$  ts. suorakulmaisen kolmion hypotenuusa pystytään laskemaan trigonometrian avulla:

$$\cos 21^\circ = \frac{a/2}{l} \Rightarrow l = \frac{13/2}{\cos 21^\circ} \approx 7 \text{ m}, \quad (1)$$



jossa  $a$  on rakennuksen leveys [m]. Katon sivun pituudesta  $l$  pitää vähentää vähintään metri koska koko katon sivun pituutta  $l$  ei voi hyödyntää aurinkopaneeleiden asennukseen johtuen mahdollisista lumiesteistä, katon harjan käyntisillasta tms. muista mahdollisista fyysisistä tai rakenteellisista esteistä. Joten  $l$  on 6 metriä.

Piirustuksesta laskemalla voidaan arvioida mikä on hyödynnettävä katon pituus kerrostalon pituussuunnassa (suunnilleen pohjoinen-etelä), joka on 35 metriä/puoli. Hyödynnettävä katon pinta-ala  $A$  katon puolikasta kohti on:

$$A = 6 \cdot 35 = 210 \text{ m}^2. \quad (2)$$

Yhteensä pinta-ala  $A$  on  $420 \text{ m}^2$  kun huomioidaan molemmat (itä ja länsi) puolet katosta, mutta ei huomioida esim. savupiipun rajoittamaa alaa vinossa katon idänpuoleisessa tasossa. Hyödynnettävä katon pituus ja siten pinta-ala  $A$  voi olla suurempikin, jos hyödynnetään katto pinta-alaa molemmissa rakennuksen päädyissä, mutta riittävän tuotannon saavuttamiseksi eli ylituotannon tai -mitoittamisen välttämiseksi se ei ole välttämätöntä.

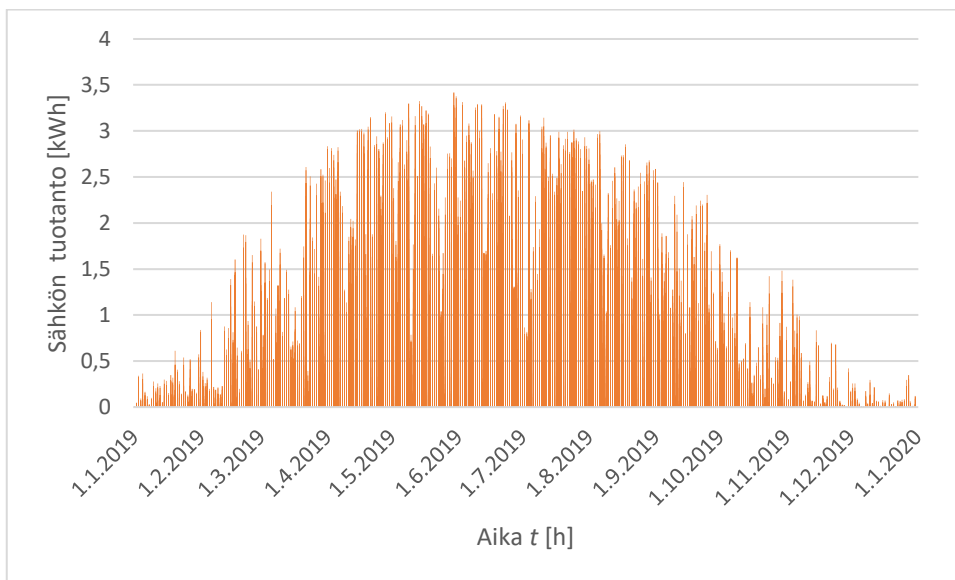
### 3.2.2 Läntisen katonosan tuotanto

Tietyn kokoisen aurinkovoimalan tuotantotietoja voi tarkastella renewables.info -sivulta saatavilla tiedoilla, kun on määritetty mm. edellä mainitut aurinkopaneeleiden atsimuutti- ja kallistuskulmat ja paikkakunta, joka on Kouvola. Tuntikohtaiset tuotantotiedot ovat vuoden 2019 alusta loppuun. Haetut tuotannon historiatiedot perustuvat säätietoihin, jotka saadaan globaaleista uudelleenanalyysimallista kuten Nasan MERRA (Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications) ja satelliittihavainnoista. Eli aurinkovoimala mitoitetaan auringon säteilytehon avulla ts. auringon säteily muunnetaan aurinkovoimalan tehoksi käyttämällä GSEE -mallia (Global Solar Energy Estimator) (Pfenninger et al. 2016). Nämä tiedot eivät takaa sitä kuinka paljon aurinkovoimala tulee tuottamaan sähköä tulevaisuudessa, koska tuotanto riippuu mm. säästä.

Lisähäviöitä syntyy järjestelmän komponenteista pääasiassa vaihtosuuntaajasta, joten tuotannon simuloinnissa eli renewables.info -simulointimallissa järjestelmän häviöiksi

oletetaan 10% ts. vaihtosuuntaajan hyötysuhteeksi oletetaan 90%, koska simulointimallissa huomioidaan pääasiassa vain vaihtosuuntaajan häviöt. (Pfenninger et al. 2016.)

Kun läntisen katonosan aurinkovoimalan tuotanto pohjautuu v. 2019 simuloituihin tuotantotietoihin Kouvolassa, niin tässä tapauksessa valitaan riittävän suuri esim. 5 kW:n aurinkovoimala ja arvioidaan miten sen tuotanto kattaa yleisten tilojen kulutuksen. Jos tuotanto ylittää kulutuksen niin tämä ns. ylituotanto käytetään energiayhteisön hyväksi. Kuvassa 3 on esitetty vuoden 2019 sähköenergian tuotanto tuntitasolla.



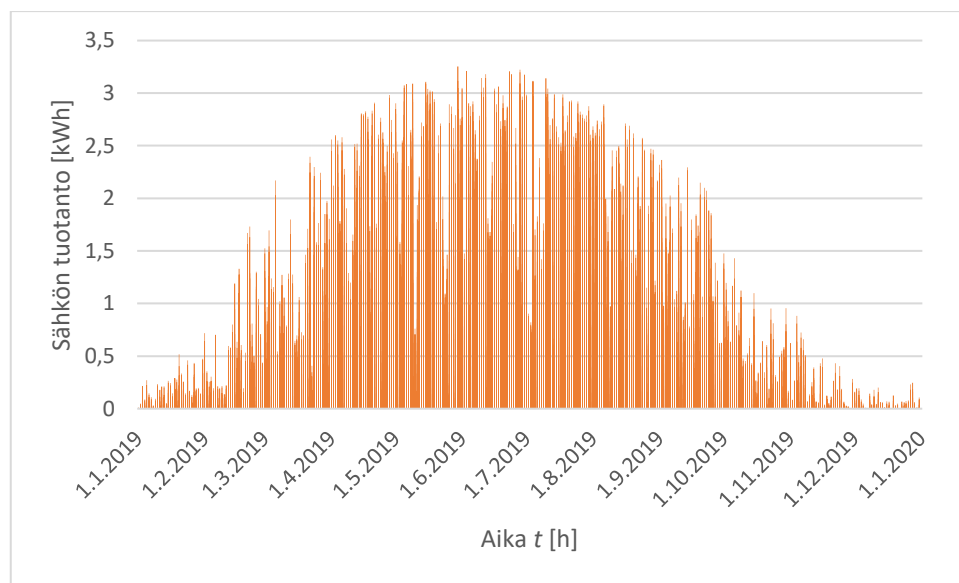
Kuva 3. 5 kW:n aurinkovoimalan tuotanto v. 2019 lännen puolella. Vaaka-akselille on merkitty vuoden jokaisen kuukauden 1. päivä ja pystyakselilla on sähköntuotanto tunneittain. (Datan lähde: Renewables.info)

Läntisen katonosan koko vuoden tuotanto on 4120 kWh ja tuotanto ylittää 2176 kertaa eli tunnin aikana kulutuksen, joka on n. 25% vuoden tunneista. Näiden tuntien aikana ylituotanto on yhteensä n. 2447 kWh eli se osuus (n. 60%) kokonaistuotannosta, joka ylittää yleisten tilojen kulutuksen. Tämä on se läntisen katonosan aurinkovoimalan simuloinnissa tuotama energiamäärä, jonka voi hyödyntää sovitun jako-osuuden mukaisesti jaettuna energiayhteisön asunnoissa. Ylituotantoa ei synny ennen 20.1. eikä 30.11. jälkeen eli nämä ovat ensimmäinen ja viimeinen päivä vuodesta, kun syntyy ylituotantoa.

Sähkön tuotantoa lisää sekä paneelien asentaminen itäpuolelle kattoa että itse voimalan huipputehon kasvattaminen, mutta toisaalta kulutuskin on todellisuudessa suurempi, jos asuntojen sähkön kulutus olisi voitu ottaa huomioon.

### 3.2.3 Itäisen katonosan tuotanto

Kuvassa 4 on esitetty vuoden 2019 sähköenergian tuotanto tuntitasolla itäpuolella kattoa.

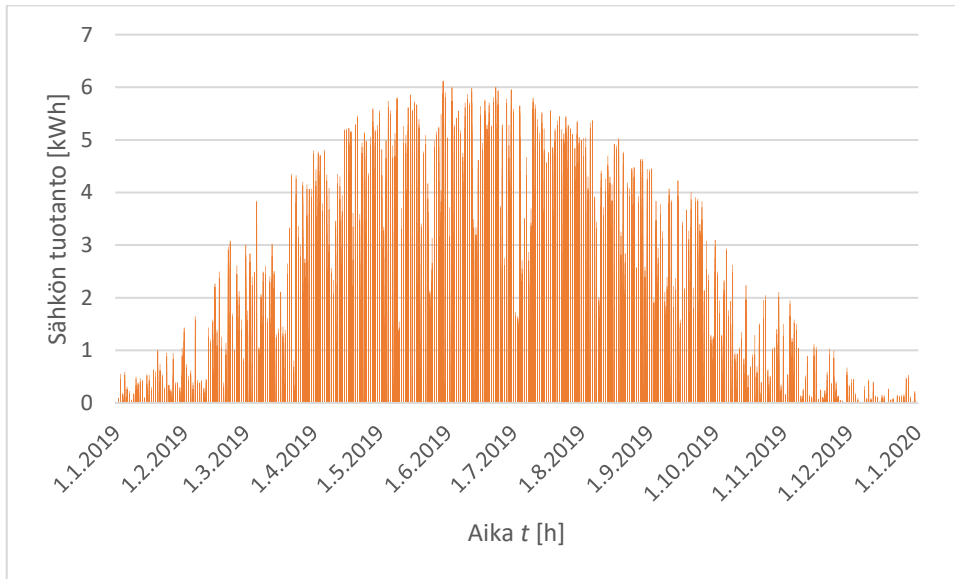


Kuva 4. 5 kW:n aurinkovoimalan tuotanto v. 2019 idän puolella. Vaaka-akselille on merkitty vuoden jokaisen kuukauden 1. päivä ja pystyakselilla on sähköntuotanto tunneittain. (Datan lähde: Renewables.info)

Itäisen katonosan koko vuoden tuotanto on 3970 kWh ja tuotanto ylittää 2201 kertaa ts. tunnin aikana kulutuksen, joka on n. 25% vuoden tunneista. Näiden tuntien aikana ylituotanto on yhteensä n. 2399 kWh eli se osuus (n. 60%) kokonaistuotannosta, joka ylittää yleisten tilojen kulutuksen. Tämä on se energiamäärä aurinkovoimalan itäisellä katonosalla, jonka voi hyödyntää kiinteistösähköä ja/tai sovitun jako-osuuden mukaisesti jaettuna energiayhteisön asunnoissa. Aurinkovoimalan tuotanto ei ylitä kulutusta ennen 20.1. eikä 15.11. jälkeen siis ne ovat ensimmäinen ja viimeinen päivä vuodesta, jolloin syntyy ylituotantoa.

### 3.2.4 Aurinkovoimalan tuotanto yhteensä

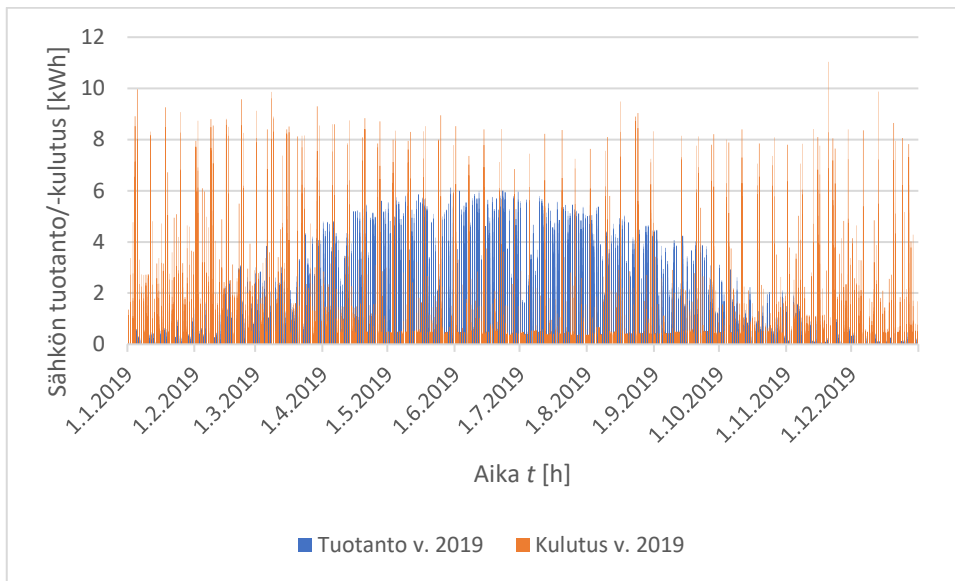
Kun yhdistetään molempien katonosien tuotanto niin 10 kW:n aurinkovoimalan kokonaistuotanto on esitetty kuvassa 5.



Kuva 5. 10 kW:n aurinkovoimalan tuotanto v. 2019. Vaaka-akselille on merkitty vuoden jokaisen kuukauden 1. päivä ja pystyakselilla on sähköntuotanto tunneittain. (Datan lähde: Renewables.info)

Koko vuoden tuotanto on n. 8089 kWh ja tuotanto ylittää 4328 kertaa ts. tunnin aikana kulutuksen, joka on n. 49% vuoden tunneista. Näiden tuntien aikana ylituotanto on yhteensä n. 5948 kWh eli aurinkovoimalan ylituotannon osuus on n. 74% ja omakäyttöaste on n. 26%. Tuotanto on keskimäärin n. 0,9 kWh/tunti ja luku on siksi niin alhainen koska suurin osa ajasta tuotanto on nolla. Jos raja on 4 kWh, niin kuvan 5 mukaan vuoden paras tuotantojakso ajoittuu suunnilleen huhtikuun alun ja syyskuun 14. päivän välille, mutta kuitenkin tuotanto on joskus 0 kWh myös tämän aikajakson aikana.

Kuvassa 6 vertaillaan 10 kW:n aurinkovoimalan vuotuista tuotantoa (Kuva 5) ja yleisten tilojen sähkönkulutusta (Kuva 2) keskenään.



Kuva 6. Aurinkovoimalan tuotanto vs. kulutus. Vaaka-akselille on merkitty vuoden jokaisen kuukauden 1. päivä ja pystyakselilla on sähkönkulutus ja -tuotanto tunneittain.

Tuotannon maksimiarvot eivät nouse missään vaiheessa kulutuksen maksiarvojen yli, vaikka ylituotantoa syntyy runsaasti vuoden aikana. Paras tuotantokuukausi on kesäkuu ja huonoin joulukuu. Esimerkiksi toukokuun 6. päivä, tuotanto on moninkertaisesti suurempi kuin kulutus koko vuorokauden ajan. Sellaisia vuorokausia, kun tuotanto ylittää kulutuksen, on useita koko vuoden aikana, eniten kesä- ja heinäkuussa.

### 3.3 Esimerkki aurinkopaneelistä

Internetistä löytyy useita aurinkopaneelien myyjiä: esimerkiksi Stratoco Oy myy saksalaisia Wolf -merkkisiä aurinkopaneeleja (monikiteinen), jonka huipputeho on 185 W ja pinta-ala 1,37 m<sup>2</sup> (pituus 1628 mm ja leveys 840 mm). Yritys myy myös valmiita aurinkovoimalaratkaisuja ns. aurinkopaneelipakettiratkaisuja, jotka koostuvat useista edellä mainituista aurinkopaneeleista, esim. 4,995 kW:n huipputehon paketti sisältäisi 27 paneelia aseteltuna muotoon: 3 paneelia rivissä ja 9 paneelia rinnakkain tai toisinpäin. Tämän kokoinen aurinkovoimala on pinta-alaltaan 40 m<sup>2</sup> eli joko (8 x 5) m tai (5 x 8) m riippuen paneelien asennussuunnasta. Valmis ratkaisu sisältää myös vaihtosuuntaajan, kaapelin sen ja paneelien väliin sekä kattoasennussarjan eli kiinnityksen paneeleille. (Stratoco 2009.)

Teoriassa, jos halutaan maksimaalinen sähköntuotto ja kohdassa 3.2.1 lasketun, käyttökel-  
poisen katto pinta-alan  $A$  ( $210 \text{ m}^2/\text{katonosa}$ ) haluaisi täyttää näillä edellä mainituilla aurin-  
kopaneeleilla, niin yhteen katonpuoliskoon mahtuisi aurinkopaneeleita 123 kpl ( $41 \times 3$ ) tai  
147 kpl ( $21 \times 7$ ) riippuen aurinkopaneelien asennussuunnasta. Nämä paneelimäärät vas-  
taisivat  $22,8 \text{ kW:n}$  ja  $27,2 \text{ kW:n}$  huipputehoja yhtä katonosaa kohti eli huipputehon maksi-  
moinnin kannalta paneelit asennettaisiin siten, että yksittäisen paneelin lyhyempi sivu  $840$   
mm olisi katon sivun pituuden  $l$  ( $6 \text{ m}$ ) suuntainen. Joten  $7$  paneelia olisi rivissä ja  $21$  paneelia  
rinnakkain.

## 4 Aurinkovoimalan mitoitus

Minkään aurinkovoimalan hyötysuhde ei ole 100% ja yksittäisellä aurinkopaneelilla pystytään harvoin tuottamaan sen ilmoitettu huipputeho, joka vaatii ideaaliolosuhteet esim. aurinkoinen sää sekä viileä ilma. Lisäksi aurinkovoimalan suuntaus aurinkoon nähden ts. missä kulmassa valo osuu paneeliin sekä varjostumat ovat merkittäviä asioita aurinkovoimalan maksimaalisen sähköntuotannon kannalta (Boxwell 2014, s. 42-50).

Taloyhtiön aurinkovoimala mitoitetaan vertaamalla edellisen luvun tuntikohtaisia kulutus-tietoja tuntikohtaisiin tuotantotehoihin, jotka saadaan renewables.info -nettisivulta. Tuotantotehon määrää mm. auringon säteilytehon historiatiedot eli tuotantotiedot, mikä on aurinkovoimalan koko sekä edellisessä luvussa esitetyt kaksi kulmaa: atsimuutti ja kallistuskulma. Eli mitoituksen tarkoituksena on se, että aurinkovoimala on riittävän suuri, jotta sen tuottamalla sähköenergialla voidaan kattaa kulutus mahdollisimman useana tuntina. Tämä tarkoittaa energiaomavaraisuuden maksimointia. Toisaalta esim. yöllä aurinkovoimalan tuotantoteho on lähes olematon, joten taloyhtiöstä ei voi tulla täysin riippumatonta sähköenergian toimittajasta eikä sen jakeluyhtiöstä.

Aurinkovoimalan tuotantotehoa kasvatetaan lisäämällä yksittäisiä paneeleja katolle huomioiden yhden paneelin huipputeho, joten voimalan tehoa voidaan skaalata isommaksi kertomalla huipputeho paneelien määrällä.

### 4.1 Aurinkovoimalajärjestelmä

Aurinkovoimalajärjestelmän tärkeimpiä yksittäisiä osia tai komponentteja ovat aurinkopaneelit ja vaihtosuuntaaja eli invertteri. Lisäksi järjestelmään kuuluu tasasähkö- (DC) ja vaihtosähkökaapeloinnit (AC), erotuskytkimet, jo olemassa oleva sähköpääkeskus, johon järjestelmä liitetään, ja kaksisuuntaiseen mittaukseen kelvollinen sähkö- tai älymittari.

#### 4.1.1 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneelien valintaan vaikuttaa mm. niiden hinta/kpl, hyötysuhde, takuu sekä huipputeho jos halutaan mahdollisimman vähän paneeleita tietylle katto pinta-alalle. Yksittäisen paneelin pinta-alallakin voi olla merkitystä koska esim. liian suurta paneelia ei ehkä saa

asennettua ahtaaseen paikkaan ja liian pienet paneelit taas nostavat aurinkovoimalan paneelien kokonaismäärää. Toisaalta suuri määrä paneeleita lisää johdotusten ja kytkentöjen määrää paneelien välillä. Jos taloyhtiö tai energiayhteisö päättää tilata valmiin aurinkovoimalaratkaisun joltakin toimittajalta, mikä on hyvin todennäköistä, niin harvoin asiakas eli taloyhtiö tai energiayhteisö voi vaikuttaa siihen minkälaisista tai minkä merkkisistä aurinkopaneeleista aurinkovoimala koostuu.

Aurinkopaneeleita on monen tyyppisiä ja ne tuottavat sähköä auringon säteilystä periaatteella mitä enemmän aurinko paistaa sitä enemmän tuotetaan sähköä. Sähköä voidaan tuottaa vähän vaikka aurinkopaneeli olisi varjossa. Suurin osa aurinkopaneeleista koostuu yksittäisistä aurinkokennoista, jotka on kytketty yhteen. Tyypillinen aurinkokenno tuottaa vain noin puoli voltia yksinään, mutta kytkemällä niitä sarjaan aurinkopaneelissa, saavutetaan korkeampi ja hyödyllisempi jännitetaso. Useimmat aurinkopaneelit on luokiteltu tai ne ovat 12 V nimellisjännitteeltään, vaikka on myös olemassa korkeammalla nimellisjännitteellä toimivia aurinkopaneeleita. 12 V aurinkopaneeli kehittää n. 14-18 voltia kuormitettuna, joka mahdollistaa 12 V akun lataamisen. (Boxwell 2014, s. 25.)

Aurinkovoimala muodostuu useasta yhteen liitetystä aurinkopaneelistä. Sarjaan kytketyt aurinkopaneelit tuottavat korkeamman jännitetaso, tyypillisesti 24-48 V itsenäisissä eli ei jakeluverkkoon kytketyissä järjestelmissä tai jopa useita satoja voltteja, jos järjestelmä on kytketty vaihtosuuntaajan ja energiamittarin kautta jakeluverkkoon. Kytkettäessä aurinkopaneelit rinnakkain aurinkovoimalan tuottama teho kasvaa, mutta jännitetaso on sama kaikissa paneeleissa. Jos useita aurinkopaneeleja on kytketty sekä sarjaan että rinnakkain, niin aurinkovoimalan tuottama teho sekä jännitetaso kasvavat samanaikaisesti. (Boxwell 2014, s. 25.)

Aurinkopaneelit voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään tai teknologiaan: amorfisen-, yksikiteinen- ja monikiteinen paneeli, joilla kaikilla on omat etunsa ja haittansa. (Boxwell 2014, s. 67.)

Amorfiset aurinkopaneelit ovat halvimpia paneeleja valmistaa ja niillä oli ennen luotettavuusongelmia esim. paneelit rikkoutuivat korkeissa lämpötiloissa jo muutaman vuoden käytön jälkeen. Amorfisten aurinkopaneelien teknologia on kuitenkin kehittynyt ajan kuluessa ja niitä voi pitää hyvin luotettavina ja joilla on muutamia etuja verrattuna muun tyyppiin paneelisiin. Vuosien 2008 ja 2012 välillä niiden hinta on laskenut noin 30% vuosittain, mutta tämän ajanjakson jälkeen amorfisten aurinkopaneelien hintojen lasku on ollut



rauhallisempaa. Jotkut valmistajat lupaavat 10 tai 20 vuoden takuun amorfisille aurinkopaneelille. Teoriassa amorfisella aurinkopaneelilla on huonoin hyötysuhde, tyypillisesti 6-8 %, kun auringonvalo muuntuu sähköksi. Tämä tarkoittaa sitä, että asennus pinta-alaa tarvitaan kaksi kertaa enemmän kuin yksi- ja monikiteisellä paneelilla, joten niiden käyttäminen on järkevää, jos aurinkovoimalan fyysistä kokoa ei ole rajoitettu tai aurinkovoimalalta ei vaadita suurta huipputehoa. Se on hyvä tuottamaan sähköä pilvisenä päivänä, vaikka osa paneelista olisi varjossa ja yleisesti se on paljon parempi toimimaan korkeissa lämpötiloissa tai sillä on merkittävästi pienemmät tehohäviöt korkeissa lämpötiloissa verrattuna kahteen muuhun paneelityyppiin. Amorfista paneelia voidaan valmistaa myös eri muotoisina mm. sen voi asentaa kaarevalle pinnalle, joten sitä on käytetty kulutustuotteissa integroituna esim. kannettavissa tietokoneissa, matkapuhelimissa sekä asuntoautojen ja -vaunujen katoilla. (Boxwell 2014, s. 68.)

Monikiteinen aurinkopaneeli koostuu useista aurinkokennoista, joista jokainen on valmistettu piikide kiekkoista eli piikiekoista. Tämän tyyppiset kaupalliset aurinkopaneelit tulivat myyntiin 1970-luvun lopusta 1980-luvun alkuun. Ne ovat huomattavasti tehokkaampia kuin amorfiset aurinkopaneelit suorassa auringonvalossa ja tämän tyyppisen aurinkopaneelin hyötysuhde on 13-18 %. Siitä syystä monikiteiset aurinkopaneelit ovat usein noin yksi kolmasosa vastaavan saman huipputehoisen amorfisen aurinkopaneelin pinta-alasta ja näin ollen ne vaativat vähemmän asennuspinta-alaa. Tyypillisesti elinkaaren pituus tai oletus siitä on n. 25 vuotta, mutta usein se voi olla pitempikin. Monikiteisen aurinkopaneelin valmistusprosessi on monimutkainen, joten ne ovat usein 20-30 % kalliimpia verrattuna amorfisiin paneeleihin. Myös monikiteisten aurinkopaneelien hinta on vähenemässä, kun hinnan lasku on ollut noin 25% vuosittain aikavälillä 2007-2012 ja hinnat ovat laskeneet hieman rauhallisemmin vuoden -12 jälkeen. (Boxwell 2014, s. 69.)

Kuten monikiteinen aurinkopaneeli niin myös yksikiteinen aurinkopaneeli koostuu useista aurinkokennoista, mutta jokainen aurinkokenno on valmistettu yhdestä piikide kiekosta eli piikiekosta. Näillä kahdella paneelityypillä on muuten samat ominaisuudet paitsi, että kalleimman hankintahinnan lisäksi yksikiteiset aurinkopaneelit ovat tehokkaimpia aurinkopaneelija, kun niiden hyötysuhde on 15-24 % ja näin ollen ne ovat fyysiseltä kooltaan pienempiä paneeleita. Tyypillisesti yksikiteinen aurinkopaneeli maksaa 35-50 % enemmän kuin vastaava monikiteinen aurinkopaneeli johtuen niiden korkeasta valmistushinnasta. (Boxwell 2014, s. 69.)

Yksikiteinen aurinkopaneeli on paras vaihtoehto kolmesta eri paneelityypistä, jos halutaan paras huipputeho mahdollisimman pieneltä pinta-alalta ( $\text{W}/\text{m}^2$ ), mutta sen hankintahinta suurin.

#### 4.1.2 Vaihtosuuntaaja

Vaihtosuuntaajaa käytetään aurinkopaneeleilla tuotetun tasajännitteen muuntamiseen vaihtojännitteeksi 230 V.

Vaihtosuuntaaja on joko 1- tai 3-vaiheinen, joka tarkoittaa kuinka moneen vaiheeseen sen voi kytkeä ja siten, kuinka moneen vaiheeseen se syöttää sähköä. Kun vaihtosuuntaaja syöttää aurinkovoimalalla tuotettua sähköenergiaa niin taloyhtiön tapauksessa kannattaa valita 3-vaiheinen vaihtosuuntaaja koska silloin sähkölaite voi olla kytkettynä mihin tahansa vaiheeseen paitsi suuritehoisimmat sähkölaitteet esim. kiuas on kytketty kaikkiin vaiheisiin. Koska sähkön myynti verkkoon ei ole niin kannattavaa, kuin energiayhteisö käyttäisi sen itse, niin paras tilanne olisi, jos kaikissa kolmessa vaiheessa olisi laitteita käytössä tuotannon aikana. Kuitenkin riippuen siitä onko vain yhdessä tai kahdessa vaiheessa laitteita päällä, niin ilman kuormia olevaan vaiheisiin/ vaiheeseen syötetty sähkö siirtyy verkkoon, jos sähkömittarissa ei ole käytössä ns. vaihenetotus, joka pienentää sähköverkkoon siirtyvän sähkön osuutta. Vaihenetotus on siis käytössä kolmivaiheisessa esim. kiinteistön sähköjärjestelmässä (Elenia ja VTT, s. 11). Varsinkin esim., jos käytössä on 1-vaiheinen aurinkovoimalan kytkentä, niin on ollut mahdollista samanaikainen sähkön myynti ja -osto sähköverkkoon/-verkosta. Ei ole varmuutta onko kaikkien sähköverkkoyhtiöiden sähkömittareissa vaihenetotus käytössä esim. keväällä 2022 vaikka tuntinetotus ts. tasejakson sisäinen netotus, sisältäen vaihenetotuksen, on tullut voimaan lainsäädännöllä 1.1.2021 lähtien. (Motiva.)

Perinteisesti aurinkovoimaloissa on yksi vaihtosuuntaaja riippumatta siitä, onko aurinkopaneelit kytketty sen välityksellä suoraan jakeluverkkoon ja akustoon tai pelkästään akustoon, jolloin kysymyksessä on verkon ulkopuolinen järjestelmä tai aurinkovoimala esim. asuntovaunussa, jossa on vaihtosähköllä toimivia laitteita. Niin sanotulla mikroinvertterillä voidaan kytkeä yksittäinen aurinkopaneeli verkkoon eli ne ovat paneelikohtaisia, mutta se ei sovellu akustolla varmennettuun järjestelmään jos akku/akustot kytketään yleensä vaihtosuuntaajan ja aurinkopaneelien väliin niin valtaosa mikroinverttereistä on kiinnitetty

suoraan aurinkopaneeliin tai sen läheisyyteen eli akun/akuston kytkemiseen ei jää tilaa. Sitä paitsi akku/akusto pitäisi sijoittaa hyvin todennäköisesti ulos. Tämän kaltainen järjestelmä tarjoaa merkittäviä etuja verrattuna yhden vaihtosuuntaajan järjestelmään esim. yksittäisen aurinkopaneelin voi asentaa eri paikkaan ja eri kulmaan suhteessa muihin järjestelmän aurinkopaneeleihin sekä yhden aurinkopaneelin varjostuminen tai vaurioituminen ei vaikuta muiden aurinkopaneelien sähköntuotantoon, mutta sen kustannus on suurempi. (Boxwell 2014, s. 27-28, 76-77.)

Jakeluverkkoon kytketyn vaihtosuuntaajan täytyy toimia täysin yhdessä eli synkronoidusti itse verkon kanssa. Tämä tarkoittaa, että vaihtosuuntaajalta syötetyn vaihtosähkön aallonmuodon pitää olla siniaalto ja sen vaihe sekä taajuus pitää olla sama kuin verkossa. Lisäksi niissä on turva ominaisuus, joka katkaisee syötön aurinkopaneeleilta, jos tapahtuu sähkökatkos verkossa. Verkkoon liitettävän vaihtosuuntaajan hankintaan liittyy monia asioita, jotka pitää ottaa huomioon. Niitä ovat vaihtosuuntaajan syöttöjännite aurinkopaneeleilta, teholuokitus tai nimellisteho, tehon seuranta, kuinka monta aurinkopaneelia vaihtosuuntaaja voi tukea esim. sarjaan kytkennässä, diagnostiikka ja raportointi, sisäänrakennettu turvajärjestelmä, asennus vaihtoehdot ja käyttöympäristö sekä sertifiointi ja paikalliset säännökset. (Boxwell 2014, s. 78.)

Usein yksittäinen aurinkopaneeli kehittää suuremman jännitteen kuin sen nimellisjännite on ja sarjaan kytketyissä aurinkopaneeleissa esim. aurinkoisella säällä kokonaisjännitteen nousu vielä moninkertaistuu. Lisäksi jos aurinkovoimalaa ei ole kytketty mihinkään ts. avoimessa piirissä jännite nousee huomattavasti vastaavassa olosuhteessa. Äkilliset sään vaihtelut vaikuttavat jännitetasoon nousevasti sekä laskevasti ja suuressa aurinkovoimalassa muutos voi olla useita satoja voltteja lyhyessä ajassa. Näin ollen vaihtosuuntaajan pitää pystyä suoriutumaan suurista jännitteen vaihteluista sekä jännitepiikeistä, mutta jos jännitepiikki ylittyy, niin vaihtosuuntaaja sammuttaa itsensä vaurioitten välttämiseksi. Invertterille on ilmoitettu standardi syöttöjännite alueen lisäksi maksimi jännitetaso, joka liittyy avoimen piirin tuottamaan maksimi jännitteeseen minkä aurinkovoimala tuottaa. Tätä jännitetasoa ei saa ylittää ja aurinkovoimalan kehittämä jännitetaso ei saa ylittää 1000 V milloinkaan eikä missään olosuhteessa. (Boxwell 2014, s. 79-80.)

Verkkoon kytketyllä vaihtosuuntaajalla on kaksi nimellistehoä: syötön nimellisteho ja lähdön nimellisteho. Syötön nimellisteho tarkoittaa aurinkopaneeleilta saatavaa pienintä ja suurinta tehoa, joiden välissä invertteri toimii eli jos saatava teho on liian suuri niin syntyy

ylitys eli ylijäämäteho tai tehohäviö muuntuu lämmöksi ja laite voi ylikuumentua. Invertteri tarvitsee toimiakseen tietyn määrän tehoa ja jos aurinkopaneeleilta saatava teho jää liian pieneksi niin verkkoon syötettävää tehoa ei synny ja laite sammuttaa itsensä, ellei sen tehontarve ole muuten varmistettu. Pääasiallisesti mitä suurempi on pienimmän ja suurimman syötön nimellisjännitteen välinen ero niin sitä tehokkaampi laite on ja käytännössä invertteri kannattaa vähän ylimitoittaa. Lähdön nimellisteho on suurin jatkuva vaihtovirta tai -sähkö, jonka invertteri voi tuottaa ja laitteen hyötysuhde on tavallisesti 90-94 %. (Boxwell 2014, s. 80-81.)

Aurinkopaneelien ja itse aurinkovoimalan tehokkuuteen vaikuttaa olennaisesti se, kuinka hyvin invertteri pystyy hyödyntämään aurinkopaneeleilta syötetyn ja huonoimmassa tapauksessa jatkuvasti muuttuvan jännitteen (Boxwell 2014, s. 81). Jännitteen nousu voitaisiin rajoittaa tiettyyn tasoon, jossa ja jonka alapuolella invertteri voisi vielä toimia, mutta se tarkoittaisi todennäköisesti huomattavaa tuotannon menetystä, joten ratkaisu tähän ongelmaan on ns. maksimi tehopisteen seuranta (MPPT) eli (Maximum Power Point Tracking), joka säätää jännitteen sopivaksi esim. akuille tai itse invertterille (Boxwell 2014, s. 50). Tällainen invertteri voi tarjota 15-20 % lisäyksen tuotetussa energiassa verrattuna siihen, jos samassa laitteessa ei ole tätä ominaisuutta (Boxwell 2014, s. 81).

Joissakin vaihtosuuntaajissa on mahdollisuus kytkeä useampi sarjaan kytketty jono aurinkopaneeleita. Sillä saavutetaan se etu, että nämä erilliset aurinkopaneelien ryhmät tai jonot toimivat itsenäisesti toisiinsa nähden eli esimerkiksi kahden jonon tapauksessa molemmat ryhmät voivat koostua erilaisista (koko ja huipputeho) paneeleista, paneelit voivat olla suunnattu eri suuntiin ryhmien välillä ts. aurinkopaneeliryhmät voi sijaita eri katonosissa ilman tehonmenetyksiä ja osittain tästä aurinkopaneelien sijoittelusta johtuen jos toinen ryhmistä jää varjoon niin se ei vaikuta toisen aurinkopaneeliryhmän tuotantoon. (Boxwell 2014, s. 81-82.)

#### 4.1.3 Muut komponentit ja suunnittelunäkökohtia

Aurinkovoimalan rakentamiseen tarvitaan myös muita pienempiä komponentteja esim. aurinkopaneelien kiinnittämiseen vaaditaan joko kiinteitä tai käännettäviä asennustelineitä. Niiden kiinnitys kattoon sekä itse paneelin kiinnitys telineeseen edellyttää erilaisia pientarvikkeita esim. ruuveja, muttereita sekä aluslaattoja asennustavasta riippuen. Kiinnitysosien säänkestävyys kannattaa varmistaa eli onko asennusteline valmistettu esimerkiksi

ruostumattomasta teräksestä. Aurinkopaneelit tai järkevintä on, että niiden asennustelineet suojamaadoitetaan ja kattoasennetut telineet on hyvä myös suojata ukkosta vastaan.

Sopivan kaapelin valintaan ts. sen poikkipinta-alan laskentaan vaikuttaa itse kaapelin pituus, virta ja järjestelmän jännite (Boxwell 2014, s. 87). Poikkileikkaukseltaan liian pienen kaapelin valintaa kannattaa välttää koska se aiheuttaa jännitehäviön kuorman päässä ja tästä seuraa lähes varmuudella toimintahäiriöitä järjestelmässä. Katolla olevien kaapeleiden valinnassa kannattaa huomioida myös mm. sen sään- ja UV-säteilyn kestävyys eli onko se ulkokäyttöön sopiva, mutta kaapeleiden suojaamiseen voi käyttää myös (metalli)putkia kattoasennuksissa.

Aurinkovoimalajärjestelmään kuuluu mm. turvallisuussyistä erotus- tai turvakytkimet aurinkopaneelien ja vaihtosuuntaajan välille (DC-kytkin) sekä sähköpääkeskuksen ja vaihtosuuntaajan välille (AC-kytkin). Nämä DC-erotus- ja AC-erotuskytkimet/turvakytkimet pitää sijoittaa näkyvälle ja helposti luokse päästävälle paikalle.

Katon sijasta vaihtosuuntaajan (tai vaihtosuuntaajien) parempi sijoituspaikka olisi ullakko, jolloin laitteet altistuisivat vähemmän kosteudelle ja ym. vallitsevan ulkoilman olosuhteille. Kaapelointi aurinkopaneeleilta vaatii läpiviennin tekemisen esim. poraamalla kattoon, jolloin on varmistuttava katon vesieristyksestä. Kaapeli(t) jatkuvat vaihtosuuntaajalta edelleen sähköpääkeskukseen, joka sijaitsee kellarissa viisi kerrosta alempana. Todennäköisesti paras ja helpoin tapa olisi asentaa kaapeli(t) rappukäytävän seinään rakenteisiin upottamisen sijasta ja silloin on myös porattava läpiviennit joka kerrokseen. Sähköpääkeskuksessa on jo valmiina sekä kiinteistösähkön että kaikkien A-rapun asuntojen etäluettavat sähkö- tai älymittarit. B-rapun asuntojen sähkömittarit sijaitsevat B-rapun ala- tai kellarikerroksessa erillisessä kaapissa.

Aurinkovoimalan voi asentaa tietyiltä osin, koskien lähinnä aurinkopaneeleja, myös joku muu kuin ns. sähköalan ammattilainen, mutta jos aurinkosähköjärjestelmä liitetään verkkoon, niin sen suorittavalta henkilöltä edellytetään aina oikeutta (ja pätevyyttä) suorittaa sähkötöitä. Tukesin nettisivulla on kirjoitettu: ”Mikäli aurinkosähköjärjestelmän tasasähköosan kokonaisjännite ei ylitä 120 V, ei sen asennus sähköturvallisuuslain 56 §:n mukaan edellytä oikeutta sähkötöihin. Tällöin myös asennusoikeudella S3 voidaan asentaa ryhmäjohto ja tarvittava erotuskytkin vaihtosuuntaajan sähköverkkoon liittämiseksi, jos sähkökeskuksen rakennetta ei tarvitse muuttaa.” (Tukes.)

Asennuksen jälkeen, huolimatta siitä kuka on järjestelmän asentanut, ennen käyttöönottoa on järjestelmän asentajan suoritettava aurinkosähköjärjestelmälle sekä sähköasennuksille käyttöönottotarkastus, jonka sähköturvallisuuslaki edellyttää. Tarkastuspöytäkirja annetaan asennuksen haltijalle. (Tukes.)

#### 4.2 Investoinnin kannattavuus

Nettonykyarvo -menetelmällä voi tutkia aurinkovoimalaan sijoitetun investoinnin kannattavuutta. Investointi muuttuu kannattavaksi, kun investointi on maksettu kokonaan ja silloin nykyarvo on positiivinen. Internetissä, eri aurinkovoimala ratkaisuja tarjoavien yritysten sivuilla, on laskureita, joilla voi laskea tarjouksen eli investoinnin aurinkovoimalle, kun tunnetaan vuosikulutus.

##### 4.2.1 Sähköpörssin kuukausittaiset ostohinnat

Kannattavuuslaskennassa oletetaan, että aurinkovoimalan ylituotanto myydään verkkoon ja verkkoyhtiö maksaa ylituotannosta sähköpörssi Nord Poolin kuukausittaisten ostohintojen mukaisesti, . Sähköpörssi on myös määritellyt sähkön ostohinnat tunti-, päivä-, viikko- ja vuositasolla.

Taulukko 1. Ylijäämäsähkön ostohinnat vuodelta 2019. (Nord Pool).

v. 2019	Ostohinta [€/MWh]
Tammikuu	55,78
Helmikuu	46,76
Maaliskuu	40,01
Huhtikuu	41,44
Toukokuu	39,84
Kesäkuu	30,71
Heinäkuu	45,91
Elokuu	48,77
Syyskuu	48,75
Lokakuu	46,33
Marraskuu	45,71
Joulukuu	38,42

Hintatiedot ovat vuodelta 2019 koska kulutustiedot ovat samalta vuodelta. Sähköenergian hinnat ovat nousseet, esimerkiksi Nord Poolin Suomen aluehinnan kuukausikeskiarvo tammikuussa vuonna 2022 oli 106,71 €/MWh (Nord Pool). Hinnan nousu on ollut merkittävä kahdessa vuodessa ja tämä seikka parantaa aurinkovoimalan kannattavuutta.

#### 4.2.2 Nykyarvomenetelmä

Nykyarvomenetelmässä jokainen investoinnista kertyvä tuotto ja siitä syntyvä kustannus diskontataan eli tulevaisuuden rahavirtojen tai maksujen arvot siirretään nykyhetkeen laskentakorkoa hyödyntäen. Jotta investointi olisi kannattava, niin investoinnista karttuvien nettotuottojen ts. tuottojen ja kustannusten erotusten sekä mahdollisen jäännösarvon, joka on perusinvestoinnista saatava arvioitu myyntitulo pitoajan jälkeen, laskentakorkokannan mukainen nykyarvo pitäisi olla suurempi kuin perushankintakustannus eli investointi. (Jyrkkiö et al. 2004, s. 211.)

Nettotuottojen nykyarvo  $V_0$  [€] on:

$$V_0 = \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t}, \quad (3)$$

jossa  $S_t$  on investoinnin synnyttämä vuotuinen nettotulo [€, €/a],  $i$  on vuotuinen korko ts. laskentakorko [%],  $t$  on aika [a],  $n$  on investointiajanjakso [a]. Investointi  $P$  eli perushankintakustannus [€] on kannattava, jos  $V_0 \geq P$ . (Jyrkkiö et al. 2004, s. 211.)

#### 4.2.3 Investoinnin kannattavuuslaskenta esimerkki

Taloyhtiön tuloslaskelman mukaan sähköenergia maksoi 1109,74 € vuonna 2019 ja kun sen jakaa yleisten tilojen sähkönkulutuksella niin sähköenergian ostohinta siirtomaksuineen ym. oli 0,13 €/kWh. Vuotuisen sähköenergian hintaan sisältyy myös perusmaksut.

tarkastellaan investoinnin kannattavuutta, kun esimerkiksi Lumo Energian nettisivun laskurilla on laskettu tarjous kolmen kokoiselle aurinkovoimalalle. Vuotuiseksi koroksi  $i$  oletetaan 1%, joka on sama kuin Nordea -pankin myöntämässä edellisessä remonttilainassa taloyhtiölle. Nettotuotto eli investoinnin lyhennys  $S_t$  on samansuuruinen joka vuosi kullakin

investoinnilla ja se koostuu kahden tekijän summasta eli vuotuisesta sähkön myynnistä verkoyhtiölle ts. ylituotannosta ja sähköenergian säästöstä, jos aurinkovoimalalla tuotettua sähköä olisi käytetty yleisissä tiloissa. Mikäli ylituotantoa (tuotanto - kulutus  $> 0$ ) on syntynyt, niin tuntikohtainen ylijäämäenergian määrä on kerrottu kuukausittaisella ylijäämäsähkön ostohinnalla (Taulukko 1) ja tästä muodostuu tuntikohtainen sähkön myynti [€/h]. Näiden tuntikohtaisten kertolaskujen summa on sähkön myynti [€/a] taulukossa 2. Laskennassa saavutetaan riittävä tarkkuus, vaikka käytetään Nord Poolin kuukausittain noteeraamia sähkön myynnin keskiarvoja tuntikohtaisten sijasta. Mikäli tuotantoa on syntynyt, säästö sähkölaskusta tunnissa muodostuu [€/h], jos tuntikohtainen tuotanto on pienempi tai yhtä suuri kuin saman tunnin sähkön kulutus (sähkö käytetään taloyhtiössä ja ylituotantoa ei synny), jolloin tuntikohtainen tuotanto kerrotaan yksikköhinnalla (0,13 €/kWh) eli hinnalla, jonka taloyhtiö maksoi sähköstä. Muulloin, samaan aikaan kun on ylituotantoa, säästö sähkölaskusta muodostuu [€/h] kun tuntikohtainen kulutus kerrotaan samalla yksikköhinnalla. Eli tässä tapauksessa sähköenergia käytetään ensin taloyhtiössä ja sen jälkeen mahdollinen ylijäämä (tuotanto - kulutus) myydään. Eli eräässä, mutta harvinaisessa tapauksessa, jos ei ole kulutusta ja aurinkovoimala tuottaa, niin kaikki tuotettu sähköenergia myydään. Näiden tuntikohtaisten kertolaskujen summa on säästö sähkölaskusta [€/a] taulukossa 2.

Oletettavasti investoinnin kannattavuutta arvioitaessa millään aurinkovoimalla ei ole jäännösarvoa eli jälleenmyyntiarvoa pitoajan päättyessä eikä vuosittaisia kustannuksia koko aikana.

Kun 10 kW:n aurinkovoimalan sähköenergian tuotantomäärä on määritetty vuodelta 2019 tuntikohtaisesti (Kuva 5), niin kahden muun kokoisen voimalan (5 kW ja 15 kW) tuntikohtaiset tuotantotiedot on saatu skaalaamalla ts. kertomalla 0,5:llä ja 1,5:llä 10 kW:n tuntikohtaiset tuotantotiedot.

Esimerkiksi 10 kW:n aurinkovoimalan investointi  $P$  on 12440 € ja edellä kuvatulla laskentatavalla muodostunut nettotuotto  $S_r$  ilman kustannuksia on 530,77 € vuodessa. Hyödyntäen yhtälöä 3 kun laskentakorkokanta  $i$  on 1%, niin saadaan nettotuottojen nykyarvoksi  $V_0$  noin 12505 euroa 27 ( $=n$ ) vuodessa, jolloin investointi  $P$  on kannattava koska  $V_0 \geq P$ .



Taulukko 2. Kolmen erikokoisen aurinkovoimalan vertailu.

Voimalan koko [kWp]	5 (5,46)	10 (10,14)	15 (14,82)
Investointi $P$ [€]	7 790	12 440	16 430
Vuosituottoarvio <sup>1</sup> [kWh/a]	4641	8619	12597
Paneeleita [kpl]	14	26	38
Vuosituottoarvio <sup>2</sup> [kWh/a]	4044	8089	12133
Ylituotanto [kWh/a]	2380	5948	9661
Omakäyttöaste [%]	41,2	26,5	20,4
Säästö sähkölaskusta [€/a]	220,08	282,98	326,83
Sähkön myynti [€/a]	98,88	247,79	402,94
Nettotuotto $S_t$ [€]	318,97	530,77	729,76
Takaisinmaksuaika [a]	29	27	26

1) Lumo Energian arvio, 2) vuoden tuntikohtaisten tuotantotietojen summa

ensimmäisellä rivillä suluissa on voimalan koko todellisuudessa eli yhden paneelin huipputeho (390 W) kerrottuna paneelien määrällä. Vuosituottoarviot ovat Lumo Energian laskeurin antamia tuotantomääriä tietyllä määrällä paneeleita ja näitä aurinkovoimalan tuotantomääriä tai -arvioita ei ole käytetty tuottojen (säästö sähkölaskusta ja sähkön myynti) laskeamisessa. Aurinkopaneelin teknisissä tiedoissa on annettu 15 vuoden materiaalitakuu ja 30 vuoden tehontuottotakuu tälle yksikidepaneelille. (Lumo Energia.)

Takaisinmaksuaika on pitkä kaikissa vaihtoehdoissa koska sähkön myynnistä saatavat tulot ovat pieniä mikä johtuu taas pienestä tuotannosta sekä pörssisähkön alhaisesta hinnasta, mutta taloyhtiön on kannattavampaa käyttää tuotettu sähkö itse koska sähkön ostohinta (0,13 €/kWh) verkkoyhtiöltä on suurempi kuin pörssisähkön myyntihinta koko vuotena. Sähköenergian osto- ja myyntihinnat vaikuttavat aurinkovoimalan kannattavuuteen suoraan.

Mikään investointi ei sisällä vuotuisia ylläpitokuluja esim. vakuutukset, huolto, korjaukset tässä esimerkissä. Todennäköisesti investointi on vielä kalliimpi jokaisessa aurinkovoimassa koska ei voida olla varmoja sisältääkö investointi paneelien liittämisen vaihtosuuntaajan kautta kiinteistön sähköpääkeskukseen sekä muut asiaankuuluvat työt esim. johdotusten läpiviennit. Kuitenkin mahdollinen investointituki laskee investointia  $P$  ja parantaa kannattavuutta sekä yksittäisen jäsenen osalta kannattavuutta parantaa myös se, jos energiayhteisöön liittyy enemmän jäseniä, jolloin kustannuksia saadaan jaettua useamman kesken. Lisäksi

hyvin ilmeisesti järjestelmän eri laitteiden käyttö- tai takuu-aika on lyhyempi kuin minkään kolmen eri kokoisen aurinkovoimalan takaisinmaksuaika pois lukien aurinkopaneelien te-hontuottotakuu aika, jonka perusteella investointi olisi kannattava koska se maksaisi itsensä takaisin ennen takuun päättymistä.

Suurimman aurinkovoimalan tapauksessa takaisinmaksuaika on lyhyin, joka johtuu mm. siitä, että nettotuotto  $S_t$  on suurin. Omakäyttöaste jää pieneksi koska suuri määrä tuotantoa ja kulutusta ei tapahdu samaan aikaan ja kolmesta vaihtoehdosta 15 kW:n aurinkovoimalalla on sähkön myynnin osuus suurin sekä sähkön myynti verkkoon on suurempi kuin se osuus minkä taloyhtiö käyttäisi itse. Kahdessa pienemmässä voimalassa taloyhtiö käyttäisi enemmän sähköä itse ja sähkölasku jäisi pienemmäksi. Riippuen aurinkovoimalan koosta, investoinnin vuotuinen tuotto  $t_s$  nettotuoton  $S_t$  suhde investointiin  $P$  vaihtelee noin 4%:sta 4,4%:iin, joka on suurempi kuin laskentakorkokanta  $i$  eli vuotuinen korko ja siten investointi on kannattava. Yleisesti kannattavuus jää heikoksi kaikissa kolmessa investoinnissa johtuen alhaisesta omakäyttöasteesta sekä pitkästä takaisinmaksuajasta.

Oletettavasti taloyhtiö joutuu ottamaan lainaa pankista tietyllä korolla ja lyhentämään lainaa esim. kuukauden jaksoissa. Takaisinmaksuerät hoidetaan yleensä rahoitusvastikkeella ja ne koskevat joko kaikkia osakkaita tai pelkästään niitä, jotka liittyvät energiayhteisöön.

#### 4.2.4 Herkkyysanalyysi: omakäyttöasteen parantaminen

Taulukon 3 viisi ylintä riviä ovat pysyneet samana kuin taulukon 2, mutta muut arvot on laskettu uudestaan, kun kaikissa aurinkovoimaloissa omakäyttöastetta on nostettu 80%:iin. Jos omakäyttöastetta nostetaan niin ylituotannon määrää vastaavasti vähennetään vuosituotannon pysyessä samana eli ylituotanto on vuosituotto kerrottuna 0,2:lla. Säästö sähkölaskusta  $SS$  on laskettu verrannon avulla esimerkiksi 5 kW:n voimalalle:

$$SS = \frac{220 \cdot (4044 - 809)}{4044 - 2380} \approx 428 \left[ \frac{\text{€}}{\text{a}} \right]. \quad (4)$$

Taulukon 2 säästö sähkölaskusta on kerrottu vuotuisen tuotannon ja ylituotannon erotuksella, kun omakäyttö on 80%. Tämä erotus on taloyhtiön itse käyttämä energiamäärä uudella omakäyttöasteella. Nimittäjä on jaettu taulukon 2 tuotannon ja ylituotannon erotuksella, kun

omakäyttöaste on 41,2%. Sähkön myynti  $SM$  lasketaan vastaavasti verrannolla esimerkiksi 5 kW:n aurinkovoimalalle:

$$SM = \frac{99 \cdot 809}{2380} \approx 34 \left[ \frac{\text{€}}{\text{a}} \right], \quad (5)$$

jossa taulukon 2 ylituotannosta eli sähkön myynnistä saatu vuotuinen rahamäärä on kerrottu edellä lasketulla ylituotannolla, kun omakäyttöaste on 80%. Tulos on jaettu ylituotannolla, kun omakäyttöaste on 41,2%.

Taulukko 3. Kolmen erikokoisen aurinkovoimalan vertailu, kun omakäyttöaste on 80%.

Voimalan koko [kWp]	5 (5,46)	10 (10,14)	15 (14,82)
Investointi $P$ [€]	7 790	12 440	16 430
Vuosituottoarvio <sup>(1)</sup> [kWh/a]	4641	8619	12597
Paneeleita [kpl]	14	26	38
Vuosituottoarvio <sup>(2)</sup> [kWh/a]	4044	8089	12133
Ylituotanto [kWh/a]	809	1618	2427
Omakäyttöaste [%]	80,0	80,0	80,0
Säästö sähkölaskusta $SS$ [€/a]	427,80	855,59	1283,39
Sähkön myynti $SM$ [€/a]	33,61	67,39	101,21
Nettotuotto $S_t$ [€]	461,41	922,98	1384,59
Takaisinmaksuaika [a]	19	15	13

1) Lumo Energian arvio, 2) vuoden tuntikohtaisten tuotantotietojen summa

Kasvanut omakäyttöaste tarkoittaa pitempää aikaa vuodesta, jolloin taloyhtiö voi käyttää aurinkovoimalalla tuotettua sähköä itse. Tässä herkkyyksianalyysissä vuosituotanto pysyy samana kuin taulukossa 2, niin ylituotanto laskee ja siis itse käytetty osuus aurinkovoimalalla tuotetusta sähköstä nousee. Koska sähkön ostohinta on sama tässä laskennassa koko vuoden aikana, niin samaan tulokseen päädytään myös säästö sähkölaskussa  $SS$  kuin verrannolla yhtälössä 4 kertomalla taloyhtiön itse käyttämä energia sähkön ostohinnalla n. 0,13 €/kWh. Sähkön myynnin  $SM$  hinnat vaihtelevat kuukausittain, joten ei ole samantekevää eikä voida tarkasti olettaa mihin aikaan päivästä, viikosta tai kuukaudesta vähentynyt ylijäämän osuus

myydään verkkoyhtiölle. Näin ollen edellä lasketussa verrannossa yhtälössä 5 todellisen omakäyttöasteen mukainen sähkön myynti vuodessa kerrotaan vuotuisten ylituotantojen suhteella, joka suhteuttaa omakäyttöasteen nostosta seuranneen sähkön myynnin alentumisen koko vuodelle.

Verrattuna taulukon 2 tietoihin taloyhtiö säästää sähkön ostossa jokaisessa vaihtoehdossa ja siten nettotuotto  $S_t$  on suurempi, vaikka myyntituotot jäävät pienemmäksi. Nettotuoton  $S_t$  kasvu lyhentää takaisinmaksuaikaa ja se puolittuu 26:sta 13 vuoteen 15 kW:n suuruusluokassa. Eli kannattavin vaihtoehto on myös suurin voimala kolmesta vaihtoehdosta, kun nostetaan omakäyttöastetta laskennallisesti.

## 5 Energiayhteisön perustaminen tarkasteltavaan kohteeseen

Asunto-osakeyhtiö Satonurmeen tullaan perustamaan energiayhteisö ja aurinkovoimala, jos taloyhtiön asukkailla tai lähinnä osakkeenomistajilla on tahtoa ja mielenkiintoa toteuttaa hanke. Asiaan vaikuttaa olennaisesti myös, miten hallitus priorisoi tätä hanketta muiden, ehkä tärkeämpien ja välttämättömien korjaushankkeiden, kustannuksella.

As. Oy Satonurmen asukkaat tai lähinnä osakkeenomistajat maksavat rahoitusvastiketta kolmesta eri kunnossapidon remontista keväällä 2022 as. Oy Satonurmen varsinaisen yhtiökokouksen kokouskutsun mukaan ja lainan lyhennys loppuu vuonna 2033 suurimmasta ja kalteimmasta (putki)remontista. Muiden lyhennys eli rahoitusvastikkeen maksu loppuu aiemmin maksusuunnitelman mukaisesti. Joidenkin osakkeenomistajien päätökseen tässä asiassa voi vaikuttaa se, kuinka paljon ja kauan heidän on vielä maksettava rahoitusvastiketta vanhoista toteutuneista remonteista. Tämä hanke toteutuessaan lisäksi kuukausittaisia asumismenoja eli osakkeenomistajan maksaman rahoitusvastikkeen määrää yhteensä. On hyvinkin selvää ja oletettua, että kaikki osukkaat eivät halua välttämättä maksaa useammasta hankkeesta yhtä aikaa, vaikka siitä saisi taloudellista hyötyä. Jos osakkeenomistajien enemmistö kokee asian edellä mainitulla tavalla, niin hanketta tullaan lykkäämään tulevaisuuteen esim. siihen asti, kun jonkun remontin laina on maksettu kokonaan pois.

Kohdan 2.4 mukaisesti taloyhtiö voi perustaa energiayhteisön päättämällä siitä onko se joko paikallinen energiayhteisö tai aktiivisten asiakkaiden ryhmä. Edellisessä tapauksessa kaikki osukkaat ja asukkaat kuuluvat siihen ja jälkimmäisessä tapauksessa siihen kuuluu vain rajoitettu ryhmä asukkaita. Ennen tätä taloyhtiön yhtiökokouksen pitää päättää vesikaton remontista, jotta katolle voidaan asentaa aurinkopaneeleiden kiinnitystelineet. Kattoremontti voi olla erillinen kunnossapidon remontti tai sitten sen voi sisällyttää samaan hankkeeseen energiayhteisön perustamisen kanssa.

Kohdassa 5.3 on kuvattu miten hankkeet yleensä etenevät taloyhtiössä: hallituksen ensimmäinen kokous asiasta tai varsinainen yhtiökokous (jos asia on ajoissa esitetty hallitukselle), asukkaille avoin tiedotus- ja keskustelutilaisuus eli infotilaisuus, ylimääräinen yhtiökokous (yksi tai useampi), jossa äänestetään mahdollisesti liitteen 1 mukaisesti ja suunnittelupalaveri (yksi tai useampi).

## 5.1 Taloyhtiön strategia

Energiayhteisön perustaminen kuuluu yhtiön visioon eli mihin suuntaan taloyhtiötä viedään tai kehitetään tulevaisuudessa ja visio taas kuuluu yhtenä osana taloyhtiön strategiaan (Grass et al. 2013, s. 169). Taloyhtiön strategiassa on yhtenä osana yhteiskuntavastuu eli huolehditaan mm. ekologisista vaikutuksista: jätteiden lajittelu, energiatodistus, energian säästö tai sen käytön tehokkuutta lisäävät investoinnit jne. (Grass et al. 2013, s. 165-166). Siten energiayhteisön perustamisen voi käsittää ekologisten vaikutusten paranemisena, josta ehkä syntyy kilpailuetua ja asuntojen arvonnousua sellaisiin taloyhtiöihin, joissa ei ole vielä perustettu energiayhteisöä.

## 5.2 Hallituksen kokouksen ja yhtiökokouksen yleiset säännöt

Osakkeenomistajat yhtiökokouksessa ovat ylin päättävä elin taloyhtiössä (Grass et al. 2013, s. 27). As. Oy Satonurmen yhtiöjärjestykseen (8 § Hallituksen toiminta) on kirjoitettu mm. siitä, että puheenjohtaja kutsuu hallituksen koolle niin usein kun asiat sitä vaativat ja puheenjohtajan on kutsuttava se kokoontumaan myös jonkun hallituksen jäsenen tai isännöitsijän vaatimuksesta. Kokous on päätösvaltainen vasta kun yli puolet hallituksen jäsenistä on paikalla. Asiat ratkaistaan enemmistöpäätöksellä ja tarvittaessa tasatilanteessa puheenjohtajan ääni ratkaisee. Kuitenkaan hallitus ei saa tehdä kaikkia päätöksiä yksin vaan asia päätetään yhtiökokouksessa esim. silloin, jos päätös vaikuttaa merkittävästi osakkeenomistajan velvollisuuden maksaa yhtiövastiketta, mutta asian huolellinen valmistelu sekä suunnittelu ennen yhtiökokousta lukeutuu hallituksen ja isännöitsijän velvollisuuksiin ja näin ollen yhtiökokouksessa on mahdollisesti useita eri ratkaisuja esiteltävänä (Grass et al. 2013, s. 141).

Yhtiöjärjestyksessä on mm. kirjoitettu kohdassa 13 § yhtiökokous: ”Ylimääräinen yhtiökokous on pidettävä, kun yhtiökokous tai hallitus katsoo siihen olevan aihetta tai kun tilintarkastaja tai osakkeenomistajat, joilla on vähintään kymmenesosa (1/10) kaikista osakkeista, kirjallisesti sitä vaativat ilmoittamansa asian käsittelemistä varten.” ja lisäksi samassa kohdassa on kirjoitettu osakkeenomistajan oikeudesta saada asiansa yhtiökokouksessa käsiteltäväksi, mikäli sitä on kirjallisesti vaadittu hallitukselta hyvissä ajoin. Asia kirjataan kokouskutsuun. Yhtiöjärjestyksessä ei ole määrätty mitään äänioikeusrajoituksesta eli äänileikkurista, joten se on asunto-osakeyhtiölain 6. luvun 13 §:n mukainen: ”Yhtiökokouksessa järjestettävässä äänestyksessä yhden osakkeenomistajan äänimäärä on enintään viidesosa

kokouksessa edustettujen osakkeiden yhteenlasketusta äänimäärästä, jollei yhtiöjärjestyksessä toisin määrätä.” (Furuhjelm et al. 2015, s. 67).

Yhtiöjärjestyksen kohdan 14 § kokouskutsu mukaan on kirjoitettu mm., että kutsu joko varsinaiseen- tai ylimääräiseen yhtiökokoukseen on toimitettava jokaiselle osakkeenomistajalle kirjallisesti aikaisintaan kaksi kuukautta ja viimeistään kaksi viikkoa ennen kokousta.

Kuitenkin edellisestä poiketen asukkailla esim. vuokralaisilla on oikeus osallistua yhtiökokoukseen, jos taloyhtiössä on vähintään viisi osakehuoneistoa ja niillä eri omistajat, tietyissä asioissa. Lakiin on kirjoitettu asukkaiden osallistumisoikeudesta kohdassa 3 eli heidän oikeudestaan osallistua siihen yhtiökokoukseen, joka käsittelee: ”sellaista kunnossapitoa tai uudistamista, joka vaikuttaa olennaisesti vuokralaisen tai asukkaan huoneiston taikka yhteisten tilojen käyttöön.” (Asunto-osakeyhtiölaki 2009/6 § 11.)

Lakiin on kirjoitettu myös se, jos osakkeenomistajat ovat asiassa yksimielisiä niin silloin yhtiökokousta ei tarvita, jolloin päätös pitää kirjata, päivätä, numeroida ja vähintään kahden osakkeenomistajan allekirjoittaa se, jos taloyhtiössä on enemmän kuin yksi osakkeenomistaja. (Asunto-osakeyhtiölaki 2009/6 § 1.)

Vuokralaisen osallistumisoikeus ei tarkoita sitä, että hänellä olisi päätösvaltaa eli äänioikeutta taloyhtiön kokouksissa, mutta oikeus käyttää puhevaltaa on (Furuhjelm et al. 2015, s. 59). Kaikki päätösvalta on osakkeenomistajilla tai osakkeenomistajan edustamalla ts. valtakirjan avulla valtuutetulla henkilöllä. Äänioikeutta saa käyttää yhtiökokouksessa vain osakeluetteloon merkitty tai muuten omistusoikeuden luotettavasti selvittänyt taloyhtiön osakas (Furuhjelm et al. 2015, s. 64). Tällä perusteella vuokralainen ei voi päättää omasta puolestaan eikä vaikuttaa siihen perustetaanko mm. joko paikallinen energiayhteisö tai aktiivisten asiakkaiden ryhmä.

### 5.3 Energiayhteisön perustamisen ensi toimenpiteet ja taloyhtiön päätösprosessi

Hanke alkaa yleensä siitä, että esim. osakkeenomistaja esittelee idean hallitukselle ja asia otetaan käsittelyyn hallituksen kokouksessa kohdassa 5.2 kuvatulla tavalla. Hallitus ja useimmiten myös isännöitsijä sekä asiantuntija ovat mukana ensimmäisessä kokouksessa, jossa puhutaan hallituksen kesken energiayhteisön perustamisesta sekä aurinkovoimalan hankinnasta ja sen rahoituksesta Tässä hallituksen alustavassa kokouksessa päätetään kyselyn teettämisestä asukkaille, jotta saadaan selville heidän kiinnostuksensa asiaan.

Asukkaiden halukkuutta voi kartoittaa esim. asuntoihin jaettavalla kyselylomakkeella ilman sitoumusta, jonka asukas/asukkaat täyttävät ja palauttavat. Kun kyselyiden vastaukset on saatu ja näyttää siltä, että asia saa kannatusta, niin hallitus voi seuraavaksi kutsua yhtiökokouksen koolle. Tarvittaessa yhtiökokoukseen kutsutaan asiantuntija paikalle esittelemään asia läsnä oleville.

Jos asia on laitettu vireille hyvissä ajoin ennen varsinaista yhtiökokousta niin asia voidaan esitellä ensimmäistä kertaa myös sen aikana. Asunto-osakeyhtiö Satonurmen varsinainen yhtiökokous pidetään yleensä toukokuussa ja yhtiöjärjestyksen (13 § Yhtiökokous) mukaan se on pidettävä kesäkuun loppuun mennessä sinä päivänä, jonka hallitus määrää. Koska projekti on laaja ja siihen liittyy useita päätöksiä esim. hallinnollisia ja teknisiäkin niin asiat vaativat todennäköisesti useamman kuin yhden ylimääräisen yhtiökokouksen, jotta kaikista asioista ei tarvitse päättää samalla kerralla. Hallitus vastaa mm. siitä milloin ja missä pidetään asiasta ylimääräinen yhtiökokous sekä sen kirjallisesti ilmoittamisesta.

Tietty kokoontuminen voi olla ns. epävirallinen tiedotus- tai keskustelutilaisuus ilman yhtiöjärjestyksen tai asunto-osakeyhtiölain velvoitusta sekä tapahtua kokoontumislain puitteissa, jossa ei päätetä mitään, mutta jonka tavoitteena on lisätä asukkaiden tietoisuutta asiasta. Tiedottamisen lisäksi tässäkin tapahtumassa voidaan kartoittaa läsnä olevien halukkuutta liittyä energiayhteisöön. Tämä infotilaisuus on siis avoin kaikille asianomistajille ilman esityslistaa ts. sen tarkoituksena on esitellä hanke koko taloyhtiölle eli asunnon omistajille ja vuokralaisille. Tässä vaiheessa ei ole välttämättä tarkempaa tietoa projektin toteutuksesta ja laajuudesta sekä esim. urakoitsijasta. Asiantuntija esittelee hankeen hyödyt mm. sen, että asukkaalla on mahdollisuus säästää omassa sähkölaskussa, jos hän liittyy energiayhteisöön.

Tietoa voidaan välittää myös paperisilla tiedotteilla ja internetillä erillisten keskustelu- ja tiedotustilaisuuksien lisäksi (Grass et al. 2013, s. 117). Esimerkiksi vuonna 2008 toteutettiin mittava käyttövesi- ja viemäriputkien uusinta/uudelleen pinnoitus yms. hanke taloyhtiössä niin ennen sitä oli asukkaille järjestetty infotilaisuus, jossa mm. suunnittelija vastasi asukkaiden kysymyksiin esim. siitä kuinka remontti tulee vaikuttamaan asumismukavuuteen.

Seuraavaksi yhtiökokouksessa voidaan päättää alustavasti eli paikallinen energiayhteisö voidaan perustaa yhtiökokouksen enemmistöpäätöksellä tai sitten perustetaan aktiivisten asiakkaiden ryhmä määräenemmistöpäätöksellä, mutta jos yli puolet paikallaolijoista äänestää



paikallista energiayhteisöä niin aktiivisten asiakkaiden ryhmää ei perusteta eikä siitä tarvitse äänestää. Hallitus tarvitsee valtuudet yhtiökokoukselta asian eteenpäinviemiseksi ja (pätevän) suunnittelijan palkkaamiseksi.

Päätökset on kuvattu tarkemmin kohdassa 2.4 sekä taloyhtiön päätösprosessi yhtiökokouksessa on esitetty vuokaaviona liitteissä 1 ja 2, joka sisältää tärkeimmät päätöksenteon vaiheet tai ne asiat, joista osakkeenomistajien pitää päättää äänestämällä, jos ei ole yksimielisyyttä osakkeenomistajien keskuudessa. Siihen ei sisälly esim. kattoremontista päättäminen eikä muut alustavat toimenpiteet mitkä joudutaan tekemään ennen äänestykseen ryhtymistä. Mistä asiasta äänestetään ensimmäisenä ja mistä seuraavana, niin ei ole määrätty tarkasti tai ei ollenkaan esim. asunto-osakeyhtiölaissa, mutta vuokaaviossa esitetty järjestys ylhäältä alas päätöksentekoprosessissa on looginen siksi, että jos päätetään perustaa aktiivisten asiakkaiden ryhmä, niin mittaustavasta päätettäessä siitä poisjäävät osakkeenomistajat eivät enää vaikuta päätöksentekoon, ellei mittaustavan valinta vaikuta heihinkin (sähköverkkoyhtiön mittareiden tapauksessa ei vaikuta). Toisaalta ensimmäisenä voitaisiin äänestää mittaustavan valinnasta koska molempia mittaustapoja voi käyttää niin paikallisessa energiayhteisössä kuin aktiivisten asiakkaiden ryhmässäkin ja vaihtoehtoisesti tästä asiasta voisi myös päättää määräenemmistö päätöksellä tai sitten enemmistö päätös voisi olla toisin päin vuokaaviossa eli enemmistön äänillä valittaisiin energiayhteisön oma mittaustapa. Paras vaihtoehto as. Oy Satonurmelle mittaustavan valinnassa olisi valita sähköverkkoyhtiön mittaustapa ja jos osakkeenomistajat ovat asiassa yksimielisiä eli yhtiökokouksessa ei tule julki eriävää kantaa, niin asiasta ei tarvitsisi äänestää kuten kohdassa 5.2 on mainittu. Joka tapauksessa osakkeenomistajien pitää olla yksimielinen yhtiöjärjestyksen muuttamisesta kohdan 2.5 mukaisesti, jotta energiayhteisön omat sähkömittarit (takamittarointi) voidaan ottaa käyttöön eli vaihtoehtoisesti yksimielisyyden voisi selvittää suoraan ilman äänestystä mittaustavan valinnasta niin kuin liitteessä 1 on esitetty. Konsensuksen puuttuessa valitaan sähköverkkoyhtiön mittaustapa.

Päätöksenteossa kannattaa välttää sellaista mahdollisuutta, että taloyhtiöön tulisi käyttöön kaksi mittaustapaa mahdollisten hankaluuksien tai ristiriitojen vuoksi, ellei jompikumpi valinta sulje pois toista mittaustapaa eli sellainen mahdollisuus tulisi eteen, jos äänestetään siitä, että kaikki asukkaat siirtyvät käyttämään energiayhteisön omia mittareita. Yksi ristiriita voi syntyä myös tilanteesta, jos esimerkiksi asukas haluaa joskus erota energiayhteisöstä, mutta hän jää asumaan taloyhtiöön, niin hän ei voi enää mahdollisesti käyttää energiayhtiön

omaa asuntokohtaista sähkömittaria ja tästä seuraisi ongelmia esim. laskutuksessa. Sähkönmittaus tavoista päättäminen on esitelty luvussa 5.4. Energiayhteisön perustaminen ja aurinkovoimalan ylimitoittaminen sähkön myyntiä varten ja/tai sähkön varastointi akustoon ei ole niin kannattavaa kuin sen käyttäminen taloyhtiössä ja sitä paitsi sähkön myynti voidaan tulkita ei sallituksi kaupalliseksi toiminnaksi, joten liitteen 1 vuokaaviossa ei-tavanomainen tason mukainen päätös on rajattu katkoviivalla koska se on (epätodennäköinen) vaihtoehto kahdesta muusta.

#### 5.4 Sähkönmittauksesta päättäminen

Ylimääräisessä yhtiökokouksessa päätetään siitä, toteutetaanko energiayhteisö joko sähköverkkoyhtiön sähkönmittauksilla tai energiayhteisön omilla sähkömittareilla. Ensimmäinen vaihtoehto ei vaadi toimenpiteitä esim. ylimääräisiä hankintoja sähkönmittauksen vuoksi ja asukkailla jatkuvat henkilö- tai asuntokohtaiset sähkö- ja verkkopalvelu sopimukset (Elenia ja VTT, s. 14). Asia pitää olla kirjattuna esityslistalla.

Jos niin päätetään, että tullaan käyttämään sähköverkkoyhtiön energiamittareita, niin taloyhtiö eli paikallinen energiayhteisö tai aktiivisten asiakkaiden ryhmä tiedottaa sähköverkkoyhtiölle (KSS Energia) yhteisön perustamisesta. Ilmoituksessa energiayhteisö tuo julki, millä staattisella eli muuttumattomalla jakoperusteella syntyvä etu jaetaan asuntojen kesken. Jako voidaan suorittaa tasan kaikkien asuntojen kesken ja ilmoitus tehdään esimerkiksi sähköverkkoyhtiön www-sivujen kautta. Verkkoyhtiö tekee paikallisen energiayhteisön tai aktiivisten asiakkaiden ryhmän kanssa sopimuksen yhteisöstä ja tämän lisäksi niiden on tehtävä sähkönmyyjänsä kanssa sähkösopimus mahdollisen ylijäämäsähkön ostamisesta. Näiden toimenpiteiden ja sopimusten solmimisten jälkeen sähköverkkoyhtiö vastaa automaattisesti energiayhteisön tuottaman sähköenergian korvaamisesta asukkaiden sähkölaskutuksessa käyttämällä hyvityslaskentaa, joka sisältää mittausjakso- ja vaihenetotuksen. (Elenia ja VTT, s. 14.)

Jos päädytään käyttämään sähköverkkoyhtiön energiamittareita ja asuntojen ylijäämäsähkö myydään niiden omien sähkösopimuksien kautta, niin tästä menettelystä on päätettävä erikseen enemmistöpäätöksellä yhtiökokouksessa (Elenia ja VTT, s. 15). Energiayhteisö myy hyvityslaskennan ylijäämäsähkön yhteisesti, jos alle puolet osakkeenomistajista kannattaa itsenäistä asuntojen ylijäämäsähkön myyntiä (Liite 2).

Jos hanke toteutetaan energiayhteisön omilla mittauksilla, niin sähköverkkoyhtiön mittaus on vain kiinteistön liittymispisteestä ja tämän mittauksen takana on koko kiinteistön sisäinen sähkönkäyttö (kiinteistösähkö ja asuntojen sähkön kulutus), jolloin kiinteistöön on hankittava ns. takamittarointi eli asuntokohtaiset mittarit sekä oma mittari kiinteistölle, joilla mitataan energiayhteisön jäsenten ja kiinteistösähkön kulutusta sekä yhteisten sähkön tuotanto- sekä varastoresurssien toimintaa, jos esim. akusto on käytössä. Energiayhteisön pitää tehdä yksi yhteinen sähkönhankintasopimus eli sähkön yhteishankinnasta on määrättävä yhtiöjärjestyksessä, jonka muuttaminen vaatii kaikkien osakkaiden suostumuksen, ja yksi yhteinen verkkopalvelusopimus sekä myös sopimus ylijäämänsähkön myymisestä sähkömarkkinoille. Edellä mainittu tarkoittaa yhteistä energiayhteisöä taloyhtiössä siihen liittyvien jäsenten kesken, joten sen jäsenillä ei voi olla voimassa olevaa sopimusta sähköverkkoyhtiön eikä sähkönyyntiyhtiön kanssa ts. kunkin jäsenen on purettava tai päätettävä sopimuksensa. Lisäksi vuokralla asuvat sitoutetaan sähkön yhteishankintaan, josta on mainittava vuokrasopimuksessa. (Elenia ja VTT, s. 16.)

Kun energiayhteisö vastaa itse mm. sekä energianmittauksesta että sisäisestä laskutuksesta, niin nämä rutiinit voi delegoida myös palveluntarjoajalle esim. kiinteistöhuoltoyhtiölle, joka voi myös omistaa sähkönkulutusmittarit energiayhteisön sijasta. Tähän mittaustapaan päädyttäessä on päätettävä myös yhteisten resurssien jaosta ja näiden jakoperusteiden ei tarvitse olla aina muuttumattomia asuntojen kesken. (Elenia ja VTT, s. 16.)

## 5.5 Tarjouspyyntö, urakoitsijasta päättäminen ja hankkeen rahoitus

Isännöitsijä on yleensä mukana kaikissa eri päätöksenteon vaiheissa ja läsnä kokouksissa koska hänen vastuulleen kuuluu mm. hallituksen ja yhtiökokouksen päätösten täytäntöönpano, asioiden pohjustus tai valmistelu ja asiantuntijoiden hyödyntäminen sekä hoitaa taloyhtiön operatiiviset päätökset. (Grass et al. 2013, s. 27.)

Ensin hankkeeseen palkatun suunnittelijan pitää tehdä toteutussuunnitelma, joka sisältää mm. työtaselostuksen urakasta pyydettyä tarjouksen yhdenmukaisuuden takia ja työturvallisuus asiakirjat vastuuasioden vuoksi. Sitten suunnittelija tai isännöitsijä laatii tarjouspyynnön aurinkovoimalan toteutuksesta ja toimituksesta siitä vastaaville yrityksille toteutussuunnitelman perusteella esim. KSS Energialle esim. 15 kW:n kokoisesta aurinkovoimalasta, joka oli kannattavin vaihtoehto. Yrityksellä on suunnittelija, projektipäällikkö tai joku muu vastaava taho taikka vaihtoehtoisesti on palkattu ed. mainitusta yrityksestä riippumaton

suunnittelija, jonka kanssa hallitus keskustelee suunnittelupalaverissa mm. projektin tarkemmista teknisistä yksityiskohdista. Suunnittelijoita ja valvoja voi olla useita. Tähän tapahtumaan ei välttämättä osallistu muita paitsi isännöitsijä, ellei ole päätetty tai pyydetty, että yrityksen edustaja esittelee hankkeen koko taloyhtiölle, jolloin on sovittava uudesta ylimääräisestä yhtiökokouksesta, josta on taas tiedotettava kirjallisesti asukkaille. Yleensä ja lähes poikkeuksetta valitaan halvin tarjous, jos ne ovat samansisältöisiä keskenään. Tilaajalla eli taloyhtiöllä on myös vastuu selvittää, että toimittajalla on tilaajavastuunasiat kunnossa ts. .sopimuskumppani täyttää sopimuspuolena ja työnantajana lakisääteiset velvoitteet (Vastuu Group).

Jotta hanke voidaan toteuttaa niin seuraavaksi pitää varmistua rahoituksesta. Tämä tarkoittaa lähes aina pankkilainan ottamista investoinnin suuruudesta johtuen. Kaikki tai osa osakkaista maksaa rahoitusvastiketta kuukausittain taloyhtiölle ja taloyhtiö lyhentää lainaa pankille tietyllä sovitulla maksusuunnitelmalla ja lainan korolla, joka ei ole välttämättä kiinteä koko takaisinmaksun ajan. Projektin voi rahoittaa myös hoitovastikkeen nostolla, joka on sidottu asunnon neliöihin (€/m<sup>2</sup>) tai osakemäärään (kpl), mutta tähän vaihtoehtoon tuskin päädytään koska as. Oy Satonurmen yhtiöjärjestykseen on kirjoitettu (5 § Yhtiövastike), että rahoitusvastiketta peritään osakkeenomistajilta hänen omistamansa asunnon lattia pinta-alan mukaan taloyhtiön kustannusten eli (rakennuksen aikaisen ja muun pitkä aikaisen) lainan kattamiseksi. Vuokralaiset eivät maksa hoito- eikä rahoitusvastiketta taloyhtiölle. Hankkeen voi rahoittaa myös hoitoylijäämällä, jos yhtiöllä on kerrytettyä varallisuutta eli rahaa tilillä.

## 6 Johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli mm. selvittää kuinka perustetaan energiayhteisö asunto-osakeyhtiö Satonurmeen käytännössä, selvittää ja tutustua asiaan kuuluvaan lainsäädäntöön esimerkiksi asunto-osakeyhtiölakiin ja siinä kuvattuun taloyhtiön päätöksentekoprosessiin sekä tutkia kolmesta vaihtoehdosta minkä tehoinen aurinkovoimala olisi kannattavin vertaamalla simuloituja tuotantotietoja kiinteistösähköön eli taloyhtiön yleisten tilojen sähkönkulutukseen.

Aurinkovoimalan sopivuutta taloyhtiön sähkönkulutukseen tutkittiin simulointiohjelmalla 10 kW teholuokassa eli erilliset 5 kW:n aurinkovoimalat ovat läntisellä ja itäisellä puolella kattoa. Simuloinnissa läntisen katonosan aurinkovoimala tuotti paremmin vuodessa kuin itäisen katonosan aurinkovoimala. Simulointiohjelmalla ei saatu ajantasaisia tai uudempia auringon säteilytehoon perustuvia tuotantotietoja esim. vuodelta 2021, vaan jouduttiin hyödyntämään vuoden 2019 tuntikohtaisia tietoja ensin 10 kW:n aurinkovoimalalle, josta skaalaamalla saatiin laskettua tuotantotiedot analyysin pienemmälle (5 kW) ja suuremmalle (15 kW) aurinkovoimalalle eli teho ja käytännössä aurinkopaneelit jakaantuisivat tasan molemmille puolelle kattoa. Lisäksi investoinnin hinta ja lainan korko muuttuvat hyvin suurella todennäköisyydellä tulevaisuudessa silloin kun päätös on jo tehty ja esimerkiksi taloyhtiön hallitus pyytää tarjousta yritykseltä aurinkovoimalasta. Analyysissä ei pyydetty tarjousta suoraan yrityksistä aurinkovoimalan toteutuksesta vaan investoinnin hinta-arviona hyödynnettiin erään aurinkovoimalan toimittajan internet -sivun laskurin antamaa arvoa tietyn kokoiselle aurinkovoimalalle. Joten useamman kuin kolmen aurinkovoimalan kokovaihtoehdon kannattavuuden tutkiminen ei ollut järkevää.

Aurinkovoimalan ts. investoinnin kannattavuutta tutkittiin nykyarvomenetelmällä ja 15 kW:n tehoinen vaihtoehto oli kannattavin koska sen takaisinmaksuaika oli lyhyin sekä nettotuotto ja vuotuinen tuotto olivat suurempia kuin kahdella muulla pienempi tehoisella aurinkovoimalalla. Investoinnin kannattavuus paranee, kun aurinkovoimalan omakäyttöaste nousee, joten energiayhteisön on kannattavampaa käyttää tuotettu sähköenergia itse kiinteistön sisällä kuin myydä sitä verkkoon sähkönostajalle. Taloyhtiön katto pinta-ala ei rajoita 15 kW:n aurinkovoimalan rakentamista ja taloyhtiöön voisi perustaa tästä tehokkaamman eli pinta-alaltaan suuremman aurinkovoimalan. Aurinkovoimalan valinta tulee olemaan

kompromissi taloyhtiölle koska investoinnin takaisinmaksuaikaan vaikuttaa mm. sekin kuinka monta jäsentä energiayhteisöön alussa liittyy (kustannusten jako), kuka muuttaa esimerkiksi pois taloyhtiöstä takaisinmaksun aikana ja siten eroaa energiayhteisöstä jne. Osakkaat hyötyvät itse hankkeesta, kun energiayhteisön aurinkovoimalan tuotantoa voidaan käyttää myös heidän hyväksi asunnoissa sovittujen jako-osuuksien mukaisesti ja sähköenergian kallistuminen (ainakin vuosina 2021-22) puoltaa energiayhteisön perustamista sekä aurinkovoimalan hankintaa. Taloudellisten hyötyjen lisäksi taloyhtiön hallituksen ja osakkeenomistajien kannattaa miettiä omaa strategiaa, johon kuuluu mm. energiayhteisön perustamisen tulevaisuuden visiona.

Taloyhtiön päätösprosessi on demokraattinen ts. osakkeenomistajat käyttävät ääniä yhdessä tai useammassa yhtiökokouksessa eli asioista ja kustakin asiasta erikseen päätetään äänestämällä, ellei osakkeenomistajat ole jostakin asiasta yksimielisiä, jolloin äänestystä (siitä asiasta) ei tarvita. Päätösprosessi voi sisältää monia peräkkäisiä äänestyksiä, joista tärkeimmät ovat: energiayhteisön muodosta päättäminen eli perustetaanko paikallinen energiayhteisö vai aktiivisten asiakkaiden ryhmä sekä mittauksen valinta.

Tutkimuksen selvitystyön apuna käytettiin valmista energiayhteisökäsikirjaa taloyhtiöille. Perustettava energiayhteisö ja aurinkovoimala teknisine ratkaisuneen on jokaisella taloyhtiöllä jokseenkin erilainen mm. siksi, että aurinkovoimalan teho pyritään mitoittamaan sähkökulutuksen mukaan, mutta päätösprosessi on suomalaisissa taloyhtiöissä pääpiirteittäin samanlainen johtuen mm. asunto-osakeyhtiölaista paitsi, että yhtiöjärjestys voi olla erilainen. Tässä opinnäytetyössä esitetyt toimenpiteet eivät olleet kaikenkattavia energiayhteisön perustamiseksi, mutta toimenpiteistä kuvattiin tärkeimmät, kun aurinkovoimalan käytännön toteutus annetaan ulkopuolisen yrittäjän tai urakoitsijan tehtäväksi.

Tutkimuksen perusteella voidaan suoraviivaistaa käytännön toimia energiayhteisön perustamisessa taloyhtiössä etenkin, jos isännöitsijällä tai hallituksella ei ole aiempaa kokemusta vastaavista projekteista, vaikka taloyhtiön päätösprosessissa ei ole olemassa yhtä oikeaa tapaa esim. siinä missä järjestyksessä asiat etenevät koska ihmiset tekevät aina päätökset useimmiten neuvottelemalla ja tarvittaessa äänestämällä. Monelle taloyhtiölle energiayhteisön perustaminen on uusi asia, mutta päätöksenteko ei poikkea juurikaan muiden hankkeiden päätöksenteosta.

Tutkimuksen alussa pohdittiin voisiko siihen kuulua tarkempi aurinkovoimalan suunnittelu as. Oy Satonurmelle, mutta tutkimuksen edetessä suunnittelu rajattiin pois tutkimuksen laajenemisen vuoksi ja samoin kuin suunnittelusta seurannut tarkempi laitetason tarkastelu, esim. vaihtosuuntaajan mitoitus sekä sen perusteella valinta kohteeseen, rajattiin pois.

Energiayhteisökäsikirjan mukaan aktiivisten asiakkaiden ryhmän voi perustaa jopa yksi henkilö, mutta taloyhtiöiden tapauksessa tämä voi olla kyseenalaista, ellei henkilö omista koko kiinteistöä tai vähintään osake-enemmistön siitä ja yhteisöön ei ole muita osakkaita liittymässä samalla kertaa. Yhden osakkaan osake-enemmistö ( $> 2/3$  yhtiökokouksessa edustetuista osakkeista ja annetuista äänistä) ei riitä aktiivisten asiakkaiden ryhmän perustamiseen koska määräenemmistö vaatii vähintään  $2/3$  yhtiökokouksessa annetuista äänistä jne., jos yhtiökokouksessa rajataan hänen äänimääränsä enintään viidesosaan paikallaolijoiden yhteisäänimäärästä kohdan 5.2 äänileikkurin mukaisesti, mutta yhtiöjärjestyksessä voi olla maininta siitä, että äänileikkuria ei sovelleta taloyhtiössä.

Jos tulevaisuudessa as. Oy Satonurmeen tullaan perustamaan energiayhteisö aurinkovoimaloiteen jossain muodossa, niin jatkotutkimus voisi olla selvittää investoinnin todellinen kannattavuus esim. 15 kW:n aurinkovoimalalle tai missä ajassa aurinkovoimala tulee maksamaan itsensä takaisin ensimmäisen vuoden tulojen perusteella, kun tiedetään, mikä oli sen kustannus eli investoinnin suuruus ja esim. vuoden päästä perustamisesta tiedetään aurinkovoimalan todellinen sähköenergian tuotto ja kuinka paljon tuotosta on mennyt myyntiin sekä kuinka paljon on käytetty itse (säästö sähkölaskusta) eli näiden kahden summa on (vuotuinen) nettotuotto.

## Lähteet

Asunto-osakeyhtiölaki 2009/6. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 31.1.2022]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2009/20091599?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=asunto-osakeyhti%C3%B6laki#Pidm45237816667536>

Auvinen, K. 2020a. Finsolar taloyhtiökokeilun tulos: aurinkosähkön hyvityslaskentamalli toimii ja sen salliva lakimuutos on tulossa. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 20.1.2022]. Saatavissa: <https://finsolar.net/tag/energiayhteiso/>

Auvinen, K. 2020b. Aurinkosähkön takamittarointimalli. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 26.5.2022]. Saatavissa: <https://finsolar.net/aurinkosahkon-tuotantomallit-taloyhtiössä/aurinkosahkon-takamittarointimalli/>

Boxwell, M. 2014. Solar Electricity Handbook. 2014 Edition.

Elenia ja VTT. Energiayhteisökäsikirja. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 20.1.2022]. Saatavissa myös PDF -muodossa: <https://www.elenia.fi/files/7de35936c413685a502e8cfe531bdc1e42653201/elenia-energiayhteisokasikirja.pdf>

Furuhjelm, M., Kemppinen, A. & Pujals, M. 2015. Päätöksenteko taloyhtiössä. 2. p. Helsinki, Kiinteistöalan kustannus Oy.

Grass, B., Heino, J., Kaivanto, K., Koskela, S. & Kulomäki, M. 2013. Hyvä hallintotapa taloyhtiössä. 5. p. Helsinki, Kiinteistöalan kustannus Oy.

Jyrkkiö, E. & Riistama, V. 2004. Laskentatoimi päätöksenteon apuna. 18. p. Helsinki, WSOY.

Lumo Energia. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 30.5.2022]. Saatavissa: <https://www.lumoenergia.fi/aurinkopaneelit/>

Lähienergia. 2020. Vihdoinkin: tunnin sisäinen netotus toteutuu, asunto-osakeyhtiöt pääsevät nauttimaan aurinkosähkön hedelmistä ja kiinteistön rajan ylittävä energiayhteisö on mahdollinen. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 31.5.2022]. Saatavissa:



<https://lahienergia.org/lahienergialiiton-pitkajanteinen-ja-maaratietoinen-tyo-hajautetun-pientuotannon-edistamiseksi-kantaa-hedelmaa/>

Manninen, J. 2019. Energiayhteisöiden potentiaali ja esteet Suomessa. Diplomityö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 23.5.2022]. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2019090226298>

Motiva. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 29.3.2022]. Saatavissa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvittava\\_laitteisto/verkkoon\\_liitetty\\_aurinkosahkojarjestelma](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma)

Nord Pool. 2020. Day-ahead prices. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 23.2.2022]. Saatavissa: <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data/Dayahead/Area-Prices/ALL1/Monthly/?view=table>

Palander, M. 2018. Aurinkosähkön optimaalinen käyttö kerrostalokohteessa. Kandidaatintyö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 23.5.2022]. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201901182559>

Pfenninger, Stefan and Staffell, Iain. 2016. Long-term patterns of European PV output using 30 years of validated hourly reanalysis and satellite data. Energy 114, pp. 1251-1265. doi: 10.1016/j.energy.2016.08.060

Renewables.ninja. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 30.5.2022]. Saatavissa: <https://www.renewables.ninja/>

Stratoco. 2009. Uutuus! Aurinkosähköä Wolf -aurinkopaneeleilla. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 30.5.2022]. Saatavissa: <http://www.stratoco.fi/aurinkosahko.html>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Aurinkosähköjärjestelmät. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 28.2.2022]. Saatavissa: <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat>

Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 2021/1/4/8. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 6.1.2022]. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20210767?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=energiayhteis%C3%B6#L4P3>

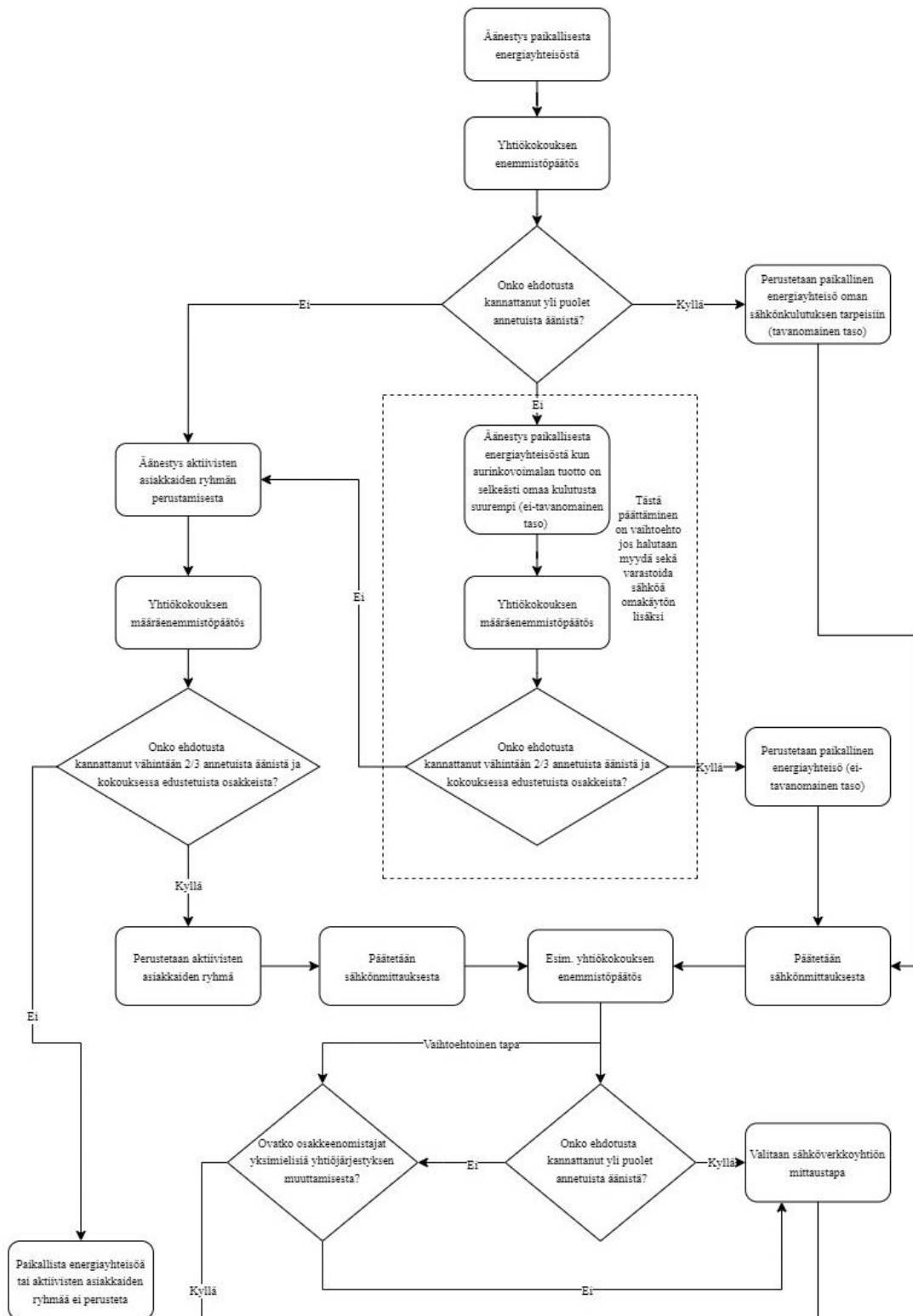
Vastuu Group. Tilaajavastuulaki. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 19.5.2022]. Saatavissa: <https://www.vastuugroup.fi/fi-fi/tilaajavastuulaki#info>

Vattenfall. 2020. Energiayhteisö-sähkömarkkinoiden uusi toimija. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 16.4.2022]. Saatavissa: <https://energyplaza.vattenfall.fi/blogi/energiayhteiso-sahko-markkinoiden-uusi-toimija>

Viljakainen, S. 2015. Kerrostalon kiinteistösähkönkulutuksen kompensointi aurinkosähköjärjestelmällä. Kandidaatintyö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 23.5.2022]. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201503101850>

Vuorinen, T. 2017. Aurinkosähkön kannattavuus taloyhtiölle. Kandidaatintyö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. [Verkkoaineisto]. [Viitattu 23.5.2022]. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201802063176>

Liite 1: Vuokaavio taloyhtiön päätösprosessista (jatkuu liitteessä 2)



## Liite 2: Vuokaavio taloyhtiön päätösprosessista (jatkoa)

