

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2020

Erik Haapa

# TALOYHTIÖIDEN PIENAUURINKOSÄHKÖN REGULAATIO JA REALITEETTI

– Pienaurinkosähköä rajoittavan lainsäädännön  
nykytila, tulevaisuus ja vaikutukset



OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Energia- ja ympäristötekniikka

2020 | 36 sivua

Erik Haapa

# TALOYHTIÖIDEN PIENAUINKOSÄHKÖN REGULAATIO JA REALITEETTI

– Pienaurinkosähköä rajoittavan lainsäädännön nykytila, tulevaisuus ja vaikutukset

Työssä selvitetään taloyhtiöiden aurinkosähköön kannattavuutta heikentävän lainsäädännön nykytilaa, arvioidaan sen tulevaisuudennäkymiä ja havainnollistetaan sen käytännön vaikutuksia esimerkin avulla. Työn taustalla on V-S Isännöintitalo Oy:ltä toimeksianto, johon selvityskin perustuu.

Taloyhtiöiden energiayhteisöjä ja aurinkosähköön omatuotantoa käsitteleviä julkaisuja, FinSolar-hankkeen löydöksiä sekä Suomen ja EU:n lainsäädäntöä tutkimalla selvitettiin tärkeimmät alkuvuonna 2020 vaikuttaneet esteet taloyhtiöiden aurinkosähköinvestoinneille. Suurimmaksi yksittäiseksi tekijäksi todettiin se, että rakennuksen sisäisessä verkossa asuntoihin jaetusta aurinkosähköstä tulee maksaa veroa ja siirtomaksua. Tämä tekee aurinkosähköön tuotannosta pitkälti kannattamatonta, vaikkei maksujen perimiselle aurinkosähköstä ole perustetta. Työssä käsitellään myös 2010-luvulla ratkenneita ongelmia kuten aurinkosähköön sähköverotus- ja ALV-käytännöt, joiden vaikutusten todettiin jääneen vähäiseksi onnistuneen lakimuutoksen ja ennakkoratkaisun ansiosta.

Parhaat ratkaisut yllämainittuun sisäisen verkon sähköjakelun ongelmaan ovat takamittarointi tai laskennallinen sähkölaskutus. Tässä työssä esitellään FinSolar-hankkeessa pilotoitua hyvityslaskentamallia, jonka todettiin mahdollistavan kannattava aurinkosähköön tuotanto asukkaiden käyttöön taloyhtiöissä. Hyvityslaskennan mahdollistavan lakimuutoksen odotetaan tulevan voimaan Suomessa vuoden 2020 loppuun mennessä.

Työssä esitellään myös case-esimerkki takamittaroidusta kerrostaloyhtiöstä, johon suunnitellaan aurinkosähköjärjestelmää. Aurinkosähköjärjestelmästä tehtiin tietokonesimulaatio, jonka tulosten avulla selitetään ja havainnollistetaan lainsäädännöllisiä ongelmia. Tulosten avulla luotiin vaihtoehtoskenaarioita, joista todettiin nykyisellä lainsäädännöllä ainoaksi käytännössä kannattavaksi toimintatavaksi asentaa aurinkosähköjärjestelmä valmiiksi takamittaroituun taloon.

## ASIASANAT:

Aurinkosähkö, energiayhteisö, taloyhtiö, kerrostalo, lainsäädäntö, regulaatio, sähkömittarointi

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Energy and environmental engineering

2020 | 36 pages

Erik Haapa

# CO-OPERATIVE HOUSING PHOTOVOLTAICS IN FINLAND - REGULATIONS AND REALITIES

- Current state, future and impacts of legislative challenges to small-scale photovoltaics

This thesis explores and demonstrates the current state and future prospects of Finnish legislation disadvantageous specifically to small-scale solar power in housing co-operatives, which is the most common type of living in Finland.

The crucial legislative blockages to photovoltaics (PV) in housing co-operatives at the beginning of 2020 were identified by studying recent publications, Finnish and EU legislation, and the results of the FinSolar project. The main issue is the unprofitability of producing electricity for consumption at the co-operative's apartments due to taxation and transmission fees being charged by the distribution system operator (DSO) for all electricity consumed at apartments metered by the DSO, even if the self-produced electricity isn't fed into the DSO's grid. Other regulative issues, such as value-added taxation and power generation taxation policies regarding small scale PV production, were explored but deemed insignificant thanks to a legislative reform in the past decade.

Leading solutions to the aforementioned problem are either converting the existing metering infrastructure into one run by the co-operatives themselves, or negotiating net-sum-based electricity metering with the DSO, which is currently illegal in Finland. This thesis covers a net-summing service trialed as a part of the FinSolar project, which was found to profitably enable the consumption of self-produced electricity in apartments. Legislative reform enabling this practice is expected to come into force by the end of 2020.

This thesis also presents a case study of a residential PV system simulation at a location with self-operated electricity metering infrastructure. The simulation results are used as a practical example to quantify the effects of disadvantageous regulation. Alternate scenarios of different metering structures were calculated from the simulation results, proving that PV production is currently profitable only in co-operatives with self-operated meters.

## KEYWORDS:

Photovoltaics, energy communities, housing co-operative, housing company, legislation, regulation, metering.

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO</b>	<b>6</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
<b>2 TUTKIMUSMENETELMÄT</b>	<b>9</b>
2.1 Kirjallisuustutkimus	9
2.2 Suunnittelu ja simulaatio	10
2.3 Haastattelu	10
<b>3 REGULAATIO JA AURINKOSÄHKÖ</b>	<b>11</b>
3.1 Verotus	11
3.1.1 Sähkövero	11
3.1.2 Arvonlisävero	12
3.2 Lupakäytännöt	13
3.3 Sähkömittarointi – aurinkoenergian kompastuskivi	14
3.3.1 Hyvityslaskentakokeilut ja mahdolliset lakiuudistukset	14
3.3.2 Takamittarointi	15
3.3.3 Mittauslaitedirektiivi	15
<b>4 CASE YLIOPISTONKATU 12</b>	<b>17</b>
4.1 Toimeksianto	17
4.2 Simulaatio	18
4.2.1 Kohteen sähkönkulutus	18
4.2.2 Kohderakennus ja laitteisto	20
4.3 Simulaatiotulokset	22
4.3.1 Lounaiset kattopinnat	22
4.3.2 Kaakkoinen kattopinta	23
4.3.3 Kokonaisjärjestelmä	24
4.4 Casen yhteenveto	26
<b>5 REGULAATIO CASE-TAPAUKSESSA</b>	<b>28</b>
5.1 Verotus	28
5.2 Lupakäytäntö	29
5.3 Mittarointi	29
5.3.1 Vaihtoehtoinen skenaario	29

5.3.2 Vaihtoehtoinen skenaario takamittarointiremontilla	30
5.4 Yhteenveto	30
<b>6 LOPPUPÄÄTELMÄT</b>	<b>32</b>
<b>LÄHTEET</b>	<b>34</b>

## KAAVAT

Kaava 1. Huipunkäyttöarvo ja kapasiteetti (Huhtala, Osmo "Wind and hydro power" -opintojakso, luento 28.1.2020).	12
Kaava 2. Takaisinmaksuaika (Jan 2019).	25
Kaava 3. LCOE (Huhtala, Osmo "Wind and hydro power" -opintojakso, luento 28.1.2020).	26
Kaava 4. Hiilidioksidipäästösäästöt per vuosi.	30

## KUVAT

Kuva 1. Mallinnetut rakennukset ja aurinkosähköjärjestelmä. As. Oy Yliopistonkatu 12b on harmaa rakennus yläoikealla. Kuva etelästä pohjoiseen.	21
Kuva 2. Kuvan 1 mallinnusta todellisuudessa vastaava ilmakehä etelästä pohjoiseen. As. Oy Yliopistonkatu 12b on merkitty nuolella (Google Earth-ilmakehä Brahenkadun ja Yliopistonkadun kulmasta Turussa 2017).	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Kuva 3. Lounaisten kattopintojen aurinkopaneelistot.	22
Kuva 4. Kaakkoisen kattopinnan aurinkopaneelisto.	24

## TAULUKOT

Taulukko 1. Lounaisten kattopintojen aurinkopaneelistojen simulaatiotulokset.	23
Taulukko 2. Kaakkoisen aurinkopaneeliston simulaatiotulokset.	24
Taulukko 3. Koko aurinkosähköjärjestelmän simulaatiotulokset.	25
Taulukko 4. Case Yliopistonkatu 12:en vaihtoehtoskenaarioiden kustannukset.	31

## KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Aurinkosähköjärjestelmä	Useiden aurinkopaneelien tai aurinkopaneelistojen muodostama, yhtenä kokonaisuutena mittaroitu ja hallinnoitu aurinkosähkön tuotantolaitos.
Aurinkopaneelisto	Yhteen liitettyjen, samalle invertterille sähköä syöttävien aurinkopaneelien kokonaisuus, joka voi toimia omana aurinkosähköjärjestelmänään tai olla liitetty muihin paneelistoihin, muodostaen suuremman aurinkosähköjärjestelmän.
Huipputeho	Suurin mahdollinen tuotantoteho optimaalisissa olosuhteissa, aurinkopaneelin nimellisteho.
Hyvityslaskenta	Tämän työn kontekstissa sähkölaskutusmalli, jossa sähkölasku perustuu kuluttajan sähkömittarilukemaan, josta on laskennallisesti vähennetty hänen omistamansa aurinkosähköjärjestelmän osuuden sähköntuotanto (Auvinen ym. 2020).
Jakeluverkko	Jakeluverkko on sähköverkon "alin" aste, johon suurin osa kiinteistöistä on kytkettynä ja josta sähkö syötetään kiinteistön sisäiseen verkkoon.
Sähköverkkoyhtiö	Jakeluverkkoyhtiö. Vastaa jakeluverkosta ja tyypillisesti kuluttajien sähkömittareista (Energiateollisuus ry 2015).
Takamittarointi	Sähkönmittaustapa, jossa taloyhtiön asuntojen sähkömittarit ovat taloyhtiön hallinnoimia. Takamittaroidussa rakennuksessa taloyhtiö laskuttaa sähkönkulutuksesta eivätkä asukkaat voi hankkia itse omaa sähkösopimusta. Taloyhtiö ostaa kaiken rakennuksessa käytetyn sähkön yhden sähkösopimuksen kautta. (Auvinen ym. 2020.)

# 1 JOHDANTO

Suomessa kulutetusta sähköstä neljäsosa eli noin 23 TWh käytetään asuinrakennuksissa. Määrä vastaa melko tarkasti Suomen sähköntuotannon vajetta, joka korvataan ulkomailta tuodulla sähköllä. (Suomen virallinen tilasto SVT 2019; Ruusunen 2019.) Ongelman ei voida olettaa korjautuvan itsellään, sillä sähkönkulutuksen kasvu on Suomeenkin vaikuttava globaali megatrendi (Känsälä & Hammar 2018; DNV GL 2019). Sähkönkulutus tulee siis väistämättä lisääntymään, vaikka sähköenergiaa ei nytkään tuoteta Suomessa tarpeeksi.

Näillä tulevaisuudenkuvilla aurinkosähkön omatuotanto rakennusten katoilla pitäisi olla lähtökohtaisesti kannustettavaa ja kannattavaa toimintaa, koska aurinkosähköä tuotetaan kuitenkin Suomessa pienessäkin mittakaavassa moninkertaisesti sähkön ostohintaa edullisemmin (Tilastokeskus 2017; Vuorinen 2017). Kuitenkin aurinkopaneelit ovat harvinainen näky varsinkin kerrostaloyhtiöiden katoilla. Pääasialliseksi syyksi taloyhtiöiden aurinkosähkön käyttöönoton hitaudelle on tunnistettu lainsäädännön muodostamat esteet (Auvinen ym. 2020).

Tässä työssä esitellään kirjoitushetkellä merkittävimmät regulatiiviset esteet taloyhtiöiden aurinkosähköprojekteille ja selvitetään, millaisia ratkaisuja niiden ylittämiseksi on kehitetty ja mitä taloyhtiöiden on siitä huolimatta huomioitava aurinkosähköprojekteissaan. Lisäksi esitellään aurinkosähköjärjestelmää suunnitteleva kerrostaloyhtiö ja havainnollistetaan regulaation vaikutuksia taloyhtiöiden aurinkosähköinvestointeihin käytännössä.

Aihe on erittäin ajankohtainen, koska vuoden 2020 lainsäädäntöohjelmassa suunnitellaan sähkömarkkinalain muuttamista, millä on potentiaali mahdollistaa aurinkosähkön pientuotanto kannattavasti taloyhtiöissäkin. Aurinkosähköä suunnitteleville taloyhtiöille tulee ajankohtaiseksi tunnistaa, mitä regulatiivisia ongelmia tällöin poistuu ja mitkä ongelmat jäävät sekä mihin ne vaikuttavat. Osin tähän valmistautuen alkuvuodesta 2020 julkaistiin Aalto- ja LUT-yliopiston ja STEK ry:n FinSolar aurinkosähköä taloyhtiöihin -hankkeen loppuraportti. Raportissa esitellään hankkeen aikana tehtyjen pilottien, kokeilujen, selvitysten ja toimintaehdotusten tulokset ja kerätty aineisto.

FinSolar-hankkeen selvitykset aurinkosähkön pientuotannon regulaatio-ongelmiin liittyen ovat Suomen laajimmat ja ajankohtaisimmat, joten niihin pohjautuu suuri osa tämän työn lainsäädäntöä käsittelevästä luvusta numero 3. FinSolar-hankkeen tuloksien lisäksi

opinnäytetyön taustalla on V-S Isännöintitalo Oy:n toimeksianto kerrostaloyhtiö As. Oy Yliopistonkatu 12b:n energiatehokkuuden parantamisesta. Toimeksiannon aurinkosähköä käsittelevää osuutta käytetään tässä työssä pohjana case-esimerkille kerrostaloyhtiön aurinkosähköprojektista luvussa 4. Näitä selvityksiä toisiinsa peilaamalla luvussa 5 pyritään saamaan kattava kokonaiskuva aurinkosähkön haasteista taloyhtiöissä, mitä näiden haasteiden ylittäminen käytännössä edellyttää ja millaisia vaikutuksia näillä toimenpiteillä on.



## 2 TUTKIMUSMENETELMÄT

Työ jakautuu tutkimusmenetelmällisesti kahteen pääosioon: kirjallisuustutkimukselliseen selvitykseen ja käytännölliseen case-tutkimukseen. Kirjallisuustutkimuksellinen osa pohjautuu aurinkoenergian regulaatiota käsittelevän ajankohtaisen tutkimustiedon, Suomen lainsäädännön ja Euroopan unionin virallisen lehden julkaisujen tutkimiseen. Case-tutkimuksen tulokset puolestaan perustuvat itse suoritettuun haastatteluun, mittauksiin, laskelmiin ja tietokonesimulaatioihin.

### 2.1 Kirjallisuustutkimus

Turun ammattikorkeakoulun Finna-hakupalvelua, Aalto- ja LUT-yliopistojen tietokantoja sekä Elsevier ScienceDirect -tietokantoja käyttäen haetun tiedon perusteella suomalaisiin olosuhteisiin soveltuvaa tutkimusta taloyhtiöiden aurinkoenergian regulaatio-ongelmista on varsin niukasti. Suurin osa alan tutkimuksesta on keskitetty FinSolar-hankkeen alle. FinSolar-hanke on Aalto- ja LUT -yliopistojen, STEK ry:n ja muiden sähkö- tai energia-alan toimijoiden yhteistyössä toteutettu hanke, jossa pyritään keräämään ja levittämään tietoa aurinkosähkön mahdollisuuksista ja taloudellisuudesta sekä ratkaisemaan muun muassa lainsäädännön sille aiheuttamia ongelmia. FinSolar-hankkeen julkaisut (lähdeviitteissä julkaisun ensisijaisen tekijän mukaan projektijohtaja Karoliina Auvisen nimellä ja tietyt verkkojulkaisut Lotta Liuksialan nimellä) ovat siis yliedustettuja tämän työn lähdeviitteissä. FinSolar:ia voidaan pitää lähtökohtaisesti luotettavana, monialaisena lähteenä eikä tämä siten muodosta ongelmaa. Kuitenkin jotta yksipuoliselta lähdemateriaalilta vältyttäisiin, hankkeen julkaisuista kerätty tieto pyrittiin varmistamaan aina alkuperäisistä lähteistä kuten lakiteksteistä tai Tilastokeskuksen verkkosivuilta. Aalto- ja LUT-yliopistojen diplomi- ja kandidaatintöiden tutkimustuloksia on myös vertailtu FinSolar-hankkeesta saatuihin tietoihin niiden varmistamiseksi. Yksittäisissä aihealueissa (esimerkiksi sähkövero, aurinkopaneelin teho) on käytetty myös Motivan ja Lähienergialiiton kaltaisten, aihealueen merkittävyys huomioiden riittävän luotettavien toimijoiden verkkosivuja.

## 2.2 Suunnittelu ja simulaatio

Case-tutkimus simulointeineen pohjautuu V-S Isännöintitalo Oy:n toimeksiannon aurinkosähköä ja aurinkosähköjärjestelmän kannattavuusarviota käsittelevään osaan joka laadittiin jo ennen opinnäytetyön kirjoittamista. Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuusarvio aloitettiin selvittämällä rakennuksen mittarointitapa, katon tyyppi ja asennuskelpoinen pinta-ala, aurinkosähköjärjestelmän kytkentämahdollisuudet ja rakennuksen kulu- tusprofiilit. Kaikki nämä tiedot saatiin joko suoraan osana toimeksiantoa, tai ne mitattiin itse rakennuksen ullakolla tai OpenStreetMap-karttasovelluksella. Mittojen avulla rakennus ympäröivine rakennuksineen voitiin 3D-mallintaa Valentin Software PV\*SOL Premium 2020 -ohjelmalla. 3D-mallinnus tehtiin ohjelman karttapohjalle maantieteellisesti oikeisiin koordinaatteihin ja orientaatioon. Mallinnettuun rakennukseen voitiin suunnitella suuntaa-antava aurinkosähköjärjestelmä, jolle ohjelma luo keskimääräisen vuoden jokaisen tunnin resoluutiolla tarkan tuotantosimulaation. Simulaatiotuloksia voitiin käyttää toimeksiannon kannattavuusarviossa ja tässä työssä esimerkkinä oikeasta kerrostaloyhtiön aurinkosähköjärjestelmästä.

## 2.3 Haastattelu

Case-tutkimuksen aurinkosähköjärjestelmän kytkentämahdollisuudet ja muut toimeksiantoa varten tarvittavat tiedot saatiin haastattelemalla rakennuksen lämmöntalteenottojärjestelmän (LTO) suunnitelleen HögforsGST Oy:n edustajia. HögforsGST Oy:n suunnittelijoiden Jussi Sjöström ja Juha Virkki väljästi strukturoitu haastattelu suoritettiin kasvotusten 2.3.2020 HögforsGST Oy:n tiloissa Turussa. Haastattelukysymyksiä ei käytetty, vaan keskustelua käytiin etukäteen päätetyistä aiheista, tämän työn kannalta oleellinen aihe oli LTO-laitteen ja sen ohjausjärjestelmän suora kytkentä aurinkosähköjärjestelmään sähkönsyöttöä ja aurinkosähkön tuotannon seuranta varten.

## 3 REGULAATIO JA AURINKOSÄHKÖ

EU:n ja Suomen lainsäädännössä on viimeisen viiden vuoden aikana tehty liikkeitä aurinkosähkön pientuotannon kannattavuuden parantamiseksi. Tässä luvussa selvitetään, millä osa-alueilla esteitä on raivattu ja millä osa-alueilla regulaatiosta on vielä haittaa aurinkosähkön pientuotannolle taloyhtiömittakaavassa.

Luvun tiedot pohjautuvat pääosin FinSolar-hankkeen tuloksiin ja julkaisuihin sekä esimerkiksi Verohallinnon ohjeistuksiin. Finsolar-hankkeessa selvitettiin muun muassa mahdollisuuksia luoda tomivia toimintamalleja aurinkosähkön hyödyntämiselle taloyhtiöissä niin nykyisen kuin mahdollisen tulevankin regulaation puitteissa, jotta hajautettu uusiutuvan energian tuotanto voisi olla Suomessa taloyhtiöillekin houkuttelevaa.

Tuntinetotuksen tai vaiheiden kulutusta tasaavien sähkömittareiden ongelmia ja esteitä ei tässä luvussa käsitellä, sillä niiden vaikutukset kohdistuvat omakotitalomittakaavan kulutusprofiiliin kohteisiin, joissa rakennuksen sähköverkon yksittäisissä vaiheissa voi esiintyä täysin kulutuksettomia hetkiä.

Sähkövarastointiin liittyviä esteitä ei myöskään käsitellä, vaikka sähkövarastoinnin verotuskäytännön selkeyttäminen on ajankohtainen, aurinkosähkön regulaation uudistuksiin liittyvä aihe.

### 3.1 Verotus

#### 3.1.1 Sähkövero

Vuonna 2014 julkaistu sähköveron tulkinta johti laajaan pienten aurinkosähköprojektien hyllytysaaltoon. Tilanteen korjannut lakimuutos tuli voimaan vuonna 2015, josta lähtien sähköverolainsäädäntö on huomioinut varsin sallivasti piensähköntuotannon, jonka piiriin taloyhtiöiden aurinkosähkökin lukeutuu. (Tuomi 2015.)

Lakimuutoksen mukaan aurinkosähköjärjestelmät jakaantuvat taloyhtiömittakaavassa mikro- ja pientuotantoon. Enintään 100 kilovolttiampeerin (kVA) nimellistehoiset voimalat ovat täysin sähköverovapaita, kun taas nimellisteholtaan yli 100 kVA mutta vuosituo-

noltaan alle 800 000 kWh:n tuottajat antavat vuosittain nollaveroilmoituksen tuottamastaan sähköenergiasta. Tällaisten järjestelmien omistajat eivät siis maksa sähköveroa tuotannostaan, kunhan se ei ylitä 800 000 kWh vuodessa. (Verohallinto 2019.)

Sähköveroa maksavat tuotantolaitokset joiden tuotanto ylittää 800 000 kWh vuodessa (Verohallinto 2019). Olettaen laadukkaan aurinkosähkövoimalan huipunkäyttöarvoksi 1000 h/vuosi (Lyytikäinen 2018) voidaan 800 000 kWh vuosituotantoon tarvittavan aurinkosähköjärjestelmän koko arvioida kaavan 1 avulla.

$$\frac{\text{vuosituotanto [kWh]}}{\text{huipunkäyttöarvo [h]}} = \text{tuotantokapasiteetti [kW]} \rightarrow \frac{800\,000 \text{ kWh}}{1000 \text{ h}} = 800 \text{ kW}$$

Kaava 1. Huipunkäyttöarvo ja kapasiteetti (Huhtala, Osmo “Wind and hydro power” -opintojakso, luento 28.1.2020).

800 kWp:n kokoluokan aurinkosähköjärjestelmää ei todennäköisesti olla mihinkään taloyhtiöön Suomessa rakentamassa jo sen vaatiman pinta-alankin vuoksi. LUT:n tekemän selvityksen (Manninen 2019) mukaan keskimääräisen suomalaisen kerrostalon aurinkosähkölle käyttökelpoinen kattopinta-ala on vain noin 160 m<sup>2</sup>, joka käytännössä rajoittaa keskimääräisen aurinkosähköjärjestelmän huipputehon alle 30 kWp:n tasolle, olettaen yhden kWp:n aurinkosähkökapasiteetin vievän noin 6 m<sup>2</sup> tilaa (Motiva 2017).

Vuoden 2015 lakimuutoksen myötä sähköntuotannosta kannettava vero ei siis ole aurinkosähkölle merkittävä taloudellinen este ainakaan taloyhtiömittakaavassa.

### 3.1.2 Arvonlisävero

Sähkön myynti lasketaan arvonlisäveron (ALV) alaiseksi, mikäli sähköä myyvän toimijan tilikauden liikevaihto ylittää 10 000 euroa (Arvonlisäverolaki 30.12.1993/1501). Osana FinSolar-hanketta tehtiin ennakoratkaisupyynnöksi keskusverolautakunnalle aurinkosähkön kiinteistöverkon sisäisen välittämisen arvonlisäverovelvollisuudesta (Auvinen ym. 2020). Useissa taloyhtiöissä vastikkeiden ym. tulojen summa nimittäin ylittää laissa määritellyn, ALV-vapaan toiminnan vuosittaisen 10 000 euron rajan, jolloin ALV-velvollinen aurinkosähkön myyminen asukkailla voisi tuhota järjestelmän kannattavuuden. Ennakoratkaisupyynnön tuloksena taloyhtiön verkon sisäinen aurinkosähkön jakelu todettiin ALV-vapaaksi. ALV-velvolliseksi toiminnaksi puolestaan todettiin aurinkosähkön ylituo-

tannon myynti jakeluverkkoon. Tämä on kuitenkin mahdollista välttää lahjoittamalla yli-tuotanto myymisen sijasta, millä ei ole kovin suurta merkitystä järjestelmän taloudelliselle kannattavuudelle sähköyhtiöiden maksamien matalien myyntihintojen vuoksi. (Manninen 2019.)

Ennakkoratkaisupyyntö ja sen (taloyhtiöiden kannalta) positiivisen ratkaisun tuoman varmuuden myötä arvonlisävero ei siis voi pitää järkevästi mitoitettua taloyhtiön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuden kannalta ongelmana.

### 3.2 Lupakäytännöt

Aurinkopaneelien asentamiselle vaaditut rakennus- ja toimenpideluvat ovat kuntien päättävissä. Käytännöt ovat kuitenkin kirjavia. Monet kunnat eivät ole erikseen määränneet aurinkopaneelien asennuksista, vaan aurinkosähköprojektit ovat olleet tapauskohtaisesti harkittuja mikä pidentää lupaprosessia entisestään. Varsinais-Suomen kuntien lupakäytännöistä tehdyssä selvityksessä todettiin maakunnan sisällä suurta vaihtelua toimenpideluvanvaraisuudesta ja luvanvaraisuuden perusteista. Joissain kunnissa asennus ei välttämättä ole edes mahdollista suorittaa suunnitellusti luvan myöntämisperusteiden vuoksi. Yleisesti tutkimuksessa todettiin tiivistä rakennettujen taajamien olevan lupakäytännöltään tiukimpia. (Tarvainen 2016.)

Useimmat aurinkosähköjärjestelmien toimittajat toimivat koko Suomen laajuisesti, jolloin paikkakunnittainen lupakäytäntöjen vaihtelu aiheuttaa toimittajalle epävarmuutta ja ajan tuhrautumista käytäntöjen selvittämiseen. Liiketoiminnalle luonnollista on, että toimittajat tai urakoitsijat eivät jätä näitä riskejä itselleen, vaan ne näkyvät suoraan kohoneena hintana tarjouksissa, mikä keinotekoisesti heikentää aurinkosähkön kannattavuutta ja osaltaan hidastaa järjestelmien käyttöönottoa taloyhtiöiden pientuotannossa. (Auvinen 2015.)

Kuntien kirjavia käytäntöjä selkeytettiin vuonna 2017 lakimuutoksella, joka vapauttaa aurinkopaneelit ja -keräimet toimenpide- ja rakennusluvasta ellei kunnan rakennusvalvonta muuten määrää (Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 230/2017). Lakimuutos helpottaa aurinkosähköjärjestelmien suunnitteluprosessia, nopeuttaa käyttöönottoa ja vähentää järjestelmän kokonaiskustannuksia. Taloudellinen merkitys yksittäisille järjestelmille lienee melko pieni, mutta suuressa mittakaavassa se vähentänee järjestel-

mien toimittajien kuluja selvästi. Voidaan myös toivoa, että valtion antama esimerkki kannustaa kuntia keventämään olemassaolevia aurinkosähkön rakennus- ja toimenpidelupakäytäntöjään.

### 3.3 Sähkömittarointi – aurinkoenergian kompastuskivi

Tavanomaisessa taloyhtiöissä asuntojen sähkömittarit kuuluvat sähköverkkoyhtiölle, joka hallinnoi alueen jakeluverkkoa (Energiateollisuus ry 2015). Sähkömarkkinalain (Sähkömarkkinalaki 588/2013) 71 ja 72 § mukaan kiinteistön sähköverkkoon kuuluvilla kuluttajilla tulee olla oikeus valita ja kilpailuttaa sähkönmyyjänsä, joka edellyttää sähköverkkoyhtiön sähkömittaria. Aurinkosähkön tuotannolle taloyhtiössä tämä on ongelma, sillä mikäli aurinkosähköä halutaan siirtää asukkaille ilman mittari- tai sähköverkkoremonttia, täytyy sen kulkea kuluttajalle sähköverkkoyhtiön mittareiden kautta. Tällöin aurinkosähköstä täytyy maksaa ostosähkön tavoin siirtomaksua ja veroa, mikä tekee aurinkosähköinvestoinnista varsin kannattamattoman. (Juntunen 2015.)

#### 3.3.1 Hyvityslaskentakokeilut ja mahdolliset lakiuudistukset

Edellisessä luvussa kuvailtujen ongelmien ratkaisuksi on ehdotettu niin sanotun hyvityslaskennan sallimista aurinkosähköä tuottavissa taloyhtiöissä. Kerrostaloyhtiöiden aurinkosähkötuotannon hyvityslaskentaa testattiin käytännössä FinSolar-hankkeessa Työ- ja elinkeinoministeriön ja Energiaviraston erityisluvalla vuosina 2017-2019. (Auvinen ym. 2020.)

Kokeilut tehtiin kahdessa aurinkosähköjärjestelmän katolleen asentaneessa taloyhtiössä Helsingissä ja Oulussa. Kokeiluissa käytettiin hyvityslaskentamallia, jossa aurinkosähköä käytettiin ensisijaisesti taloyhtiön omaan kiinteistökulutukseen (rappukäytävät, ulkovalot jne.) ja tämän kulutuksen ylittänyt sähköntuotanto jaettiin laskennallisesti taloyhtiön osakkaiden kesken sähköverkkoyhtiön kanssa solmitun sopimuksen mukaisesti. Osakkaiden kesken jaettu sähköenergia vähennettiin suoraan heidän sähkölaskustaan. Mikäli sähköä olisi tuotettu jopa huoneistojen tarpeen yli, olisi se myyty sähköverkkoon tavalliseen tapaan. Täten pelkästään taloyhtiön sisäisessä verkossa käytetystä aurinkosähköstä ei tarvinnut maksaa veroa tai siirtomaksua. Aurinkosähkön osuudet jaettiin asunto-osakkeiden omistuksen mukaisesti, jolloin taloyhtiöjärjestykseen ei ole tarvetta tehdä muutoksia kustannustenjakoperiaatteen suhteen. Kokeilusta saadut kokemukset olivat

lupaavia, ja mallin mukaista hyvityslaskentapalvelua voidaan pitää monin tavoin esimerkiksi takamittarointia toimivampana ja taloudellisempänä ratkaisuna aurinkosähkön jakeluun taloyhtiön asukkaille. (Auvinen ym. 2020.)

Kokeilujen tarkoituksena oli luoda toistettava hyvityslaskentamalli ja tarjota alan toimijoille mahdollisuutta pilotoida hyvityslaskentapalveluitaan, sillä hyvityslaskennan mahdollistava lakiuudistus on nähtävissä horisontissa. EU on vuonna annetussa direktiivissä määritellyt muun muoassa energiayhteisön, jolle direktiivi edellyttää myös mahdollisuutta laskennalliseen sähkölaskutukseen, mikä käytännössä mahdollistaa hyvityslaskennan taloyhtiöissä ilman siirtomaksujen ja verojen maksamista (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/944). Suomen lainsäädäntöön direktiivi on tarkoitus sisällyttää vuoden 2020 syksyllä (Valtioneuvoston julkaisu 2020:1, 2020).

### 3.3.2 Takamittarointi

Takamittaroinnilla tarkoitetaan mittarointiratkaisua, jossa taloyhtiön kaikkien asuntojen sähkönkulutus mitataan taloyhtiön omilla mittareilla, ja taloyhtiö laskuttaa asukkaita itse heidän kuluttamastaan sähköstä. Tällöin taloyhtiö ostaa kaiken rakennuksessa kulutetun sähkön yhden sähkösopimuksen kautta valitsemaltaan sähköyhtiöltä. (Vuorinen 2017.) Takamittarointi on harvinainen ratkaisu, eikä sitä usein tehdä aurinkosähköjärjestelmääkään varten, sillä takamittarointiin siirtyminen vaatii taloyhtiökokouksen yksimielisen päätöksen ja sähkömittareiden vaihdon, jonka kustannukset voivat nousta pelkästään mittareiden osalta jopa 400 euroon per mittari (Auvinen ym. 2020).

Asukkaan on halutessan kuitenkin voitava halutessaan erota taloyhtiön järjestelmästä ja solmia oma sähkösopimus haluamansa sähköyhtiön kanssa, mutta taloyhtiöllä ei ole velvollisuutta korvata mittarien vaihdosta tai muusta johtuvaa kustannusta (Sähkömarkkinalaki 588/2013).

### 3.3.3 Mittauslaitedirektiivi

Aurinkosähkön hyvityslaskentamalli on törmännyt mittarointiin liittyviin esteisiin toisaallakin. EU:n direktiivi 2004/22/EY liitteen 1 kohta 10.5:ssä mittarointilaitteille on määritetty kuluttajansuojaan tähtäävä vaatimus, jonka mukaan sähkömittarin näytöltä on pystyt-

tävä lukemaan oma sähkönkulutus, jonka pohjalta sähkölasku muodostuu. Koska hyvityslaskentaa käytettäessä sähkölaskussa todellisesta sähkönkulutuksesta vähennetään puhtaasti laskennallinen aurinkosähkön osuus, ei mittarissa esiintyvä kulutuslukema vastaa sähkölaskun perusteena olevaa, matalampaa kulutuslukemaa. Tällöin mittari ei enää täytä direktiivin eikä Suomen kansallisen lainsäädännön vaatimuksia, sillä ne nojaavat Valtioneuvoston asetuksen 21.12.2016/1432 perusteella suoraan EU:n direktiiviin.

Ennen kuin mittauslaitedirektiiviin tai Suomen lainsäädäntöön tehdään vaatimusta tämentävä tai korjaava muutos, on FinSolar-hankkeen mukaisen hyvityslaskentamallin jalkauttaminen ongelmassa EU:n direktiivin 2019/944 energiayhteisölle antamista oikeuksista huolimatta. FinSolar-hankkeessa erääksi aurinkosähkön hyvityslaskennan mahdollistavaksi ratkaisuksi on ehdotettu nykyisistä näyttövaatimuksista luopumista ja mittareiden mittaustavan standardisointia (esimerkiksi vaiheiden kulutuksen mittaaminen, mittaussäätöjen tiheys, loistehon mittaaminen jne.). Mittaustieto voitaisiin lukea erilliseltä, paremmin tiedon selaamiseen soveltuvalta päätteeltä, jolloin mahdollistetaan monipuolisemman mittaustietojen kerääminen ja tarkastelu. Tällöin sähkön mittarointi ja laskutus on myös mahdollista perustaa laskennalliseen sähkön mittarointiin, mahdollistaen muun muassa aiemmissa luvussa kuvatun aurinkosähkön hyvityslaskentamallin. (Auvinen ym. 2020.)



## 4 CASE YLIOPISTONKATU 12

Case-tutkimuksen kohteena on 1950-luvulla rakennettu 8-kerroksinen kerrostaloyhtiö. Tutkimus tehtiin osana energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävää toimeksiantoa V-S Isännöintitalo Oy:lle.

Tässä luvussa esitellään selvityksen taustalla oleva toimeksianto, selvityksen metodologia sekä sen tulokset. Tulokset ja arviot perustuvat pääasiassa omiin laskelmiin, tietokonesimulaatioihin sekä HögforsGST Oy:n edustajien haastatteluihin ja kirjallisiin lähteisiin.

### 4.1 Toimeksianto

Osana V-S Isännöintitalo Oy:n toimeksiantoa oli selvittää aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta As. Oy Yliopistonkatu 12b:ssä. Tätä varten tehtiin simulaatioita aurinkosähköjärjestelmän tuotannosta rakennuksen kattopinnoilla, jota vertailtiin rakennuksen sähkökulutukseen yhden vuoden ajalta. Itse toimeksianto käsitti monia muitakin energiansäästötoimenpiteitä, joita ei tässä työssä käsitellä ellei se oleellisesti liity aurinkosähköjärjestelmän mallintamiseen tai sen tuloksiin.

Eräs oleellinen tavoite aurinkosähköjärjestelmälle oli Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA:n energiatehokkuutta parantaville remonteille tarjoaman rahallisen avustuksen edellyttämä parannus rakennuksen E-lukuun. Käytännössä E-luku ilmaisee rakennuksen laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun, joka huomioi energiankulutuksen lisäksi muun muassa pinta-alan, omatuotannon ja käytetyt energiamuodot. (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta 2017.) Mahdollisimman suuren E-luvun saavuttamiseksi tulee siis omatuotannon olla myös mahdollisimman suuri. Aurinkosähköjärjestelmää ei täten pyritty mitoittamaan optimaaliseen takaisinmaksuaikaan tai muuhun mitoituskijään, vaan tuotantoarviota varten kaikki mahdollinen kattopinta-ala valjastetaan aurinkosähkön tuotantoon. Myös mahdollista julkisivuasennusta varten tehtiin erillinen simulaatio, mutta sitä ei ole sisällytetty case-raporttiin, sillä se ei tuo opinnäytetyön aihepiiri huomioiden lisäarvoa case-selvitykseen.

## 4.2 Simulaatio

Simulaatio tehtiin Valentin Software PV\*SOL Premium 2020 -ohjelmistolla, joka on tarkoitettu aurinkosähköjärjestelmien suunnitteluun ja tuotannon mallintamiseen. Ohjelmisto simuloi 3D-avaruuteen mallinnettujen rakenteiden varjostukset, sääolot sekä aurionpaisteen leveyspiirin ja säämittausdatan perusteella lasketun keskimääräisen vuoden jokaisena tuntina, ja laskee rakennuksessa käytetyn sekä verkkoon syötetyn sähkönmäärän vertaamalla tuotantoa rakennuksen tunnittaiseen kulutusprofiiliin.

Simulaatio huomioi varjostusten lisäksi muun muassa paneelien likaantumisen vuoden aikana. Talvikuukausina (marras-maalis) tämä on asetettu 10 %:iin ja loppuvuotena 2 %:iin. Talvella kohonnut hävikki selittyy lumipeitteellä. Ylempi peltikattopinta on alta eristämätön, jolloin lämpöhäviöt ullakolta yhdistettynä paneelien omiin lämpöhäviöihin sulattanevat lunta tarpeeksi, että lumipeite pääsee aika ajoin valumaan pois. Turun talvet osoittavat myös ilmaston lämpenemistä myötäilevää trendiä, joten lumisateet tuskin lisääntyvät tulevina vuosikymmeninä (Ilmatieteenlaitos 2020).

Aurinkosähköjärjestelmän tuotannon heikkeneminen on arvioitu 0,5 %:ksi per vuosi. National Renewable Energy Laboratoryn tutkimuksessa (Jordan & Kurtz 2012) todettiin, että yksikiteisten aurinkopaneelien tuotannon rapautuminen on todellisuudessa hyvin vähäistä, jopa 0,23 %/vuosi. Tutkimus on jo 8 vuotta vanha, mutta voidaan olettaa, ettei uusien aurinkopaneelien kestävyys ole ainakaan vähentynyt teknologian kehittyessä, jolloin tulokset ovat edelleen käyttökelpoisia.

Sähkön hinnan tai rakennuksen kulutusprofiilin kehitystä ei ole sisällytetty arvioon, sillä yhden riittävän tarkan kehitysarvion tekeminen on hankalaa, ja sen vaikutus kannattavuusarvioon vähäinen. Sähkön hinnan nousun ohittaminen luo myös pessimistisen "varmuuskertoimen" talousarvioon.

### 4.2.1 Kohteen sähkönkulutus

Rakennuksen aurinkosähkön omatuotantoa suunnitellessa yksi tärkeimmistä tekijöistä on kohderakennuksen vuosittainen sähkönkulutus, joten sen selvittäminen oli luonnollinen ensiaskel simulaation luomisessa.

Taloyhtiöön on vuonna 2017 asennettu lämmöntalteenottojärjestelmä (LTO) joka kuluttaa sähköä enimmillään jopa 25 kilowatin teholla. Aurinkosähkön yhdistämistä LTO-koneeseen ja sen ohjausjärjestelmään harkittiin aluksi. Tätä mahdollisuutta selvitettiin haastattelemalla järjestelmän suunnitelleen ja toimittaneen HögforsGST Oy:n edustajia Virkki ja Sjöström 2.3.2020 HögforsGST:n tiloissa Turussa. Kumpikin piti aurinkosähkön yhdistämistä suoraan LTO:hon hankalana ja todennäköisesti kannattamattomana, sillä kesällä (jolloin aurinkoenergiaa on eniten saatavilla) LTO-järjestelmä toimii pienellä teholla. Aurinkosähkölaitteisto päätettiin siis yhdistää ainoastaan rakennuksen sähköpääkeskukseen, joka on yli 3kWp aurinkosähkölaitteistoissa tyypillisin ratkaisu (Motiva 2019).

As. Oy Yliopistonkatu 12b on mittarointitavaltaan ns. takamittaroitu. Tällöin taloyhtiö ostaa jakeluverkosta kaiken rakennuksessa käytetyn sähkön, sisältäen asuntojen kuluttaman sähkön. Asukkaat eivät siis osta sähköä sähköyhtiöltä, vaan taloyhtiöltä. Tällä mittarointitavalla itse tuotettu sähkö voidaan siis maksutta käyttää taloyhtiön asunnoissa. (Auvinen ym. 2020.)

Tällöinkin on olemassa riski, että tuotanto ylittää rakennuksen oman kulutuksen ja aurinkosähköä pitää myydä jakeluverkkoon. Sähköyhtiöiden maksamien matalien ostohintojen ja arvonnäkövieron vuoksi se on pientuottajalle kannattamatonta, ja aurinkosähkölaitteisto kannattaa mitoittaa rakennuksen kulutukseen. Tätä varten tarvitaan kohderakennuksen sähkönkulutusprofiili, eli sähkönkulutusteho mahdollisimman monena ajankohtana ainakin yhden vuoden ajalta. (Rakennustieto 2019)

Tunnittaiset sähkönkulutusprofiilit vuosilta 2017 ja 2018 olivat saatavissa taloyhtiön hallitukselta valmiina Microsoft Excel -taulukkoina. Vuoden 2018 mittaustiedot olivat siirretty Excel-taulukkoon kesken vuoden, joten kyseiseltä vuodelta puuttuivat viimeiset noin 2000 tuntia. Vuoden 2018 lukemat päätettiin säilyttää ja puuttuvien tuntien lukemat korvata vuoden 2017 vastaavilla kulutustiedoilla, sillä vuoden 2018 tiedot ovat paikkailtuina-kin ajankohtaisempia rakennukseen vuonna 2017 asennetun LTO-järjestelmän vuoksi.

Tunnittaiset kulutusprofiilit voitiin siirtää sellaisenaan PV\*SOL-ohjelmaan, joka sisällyttää kulutusprofiilin aurinkosähkön tuotantosimulaatioon ja laskee rakennuksessa kulutetun sekä verkkoon myydyn aurinkosähkön määrät.

#### 4.2.2 Kohderakennus ja laitteisto

Yliopistonkatu 12 on sijainniltaan ja rakennustavaltaan varsin otollinen kohde aurinkoenergian tuotannolle. Kattopinnat ovat loivaa, saumapellillä päällystettyä ja puupalkein tuettua harja- ja aumakattoa, joka on eräs halvimmista ja helpoimmista aurinkopaneelien asennuspinnoista (Puro 2018, Ost 2018). Katto on alle 10 vuotta sitten remontoitu, joten paneelistoa ei todennäköisesti tarvitse lähitulevaisuudessa purkaa kattoremontin tieltä. Aurinkoenergialle sopivia kattopintoja tunnistettiin kolme: kaksi lounaista kattopintaa ja yksi kaakkoinen (suunnat 235 ja 145 astetta vastaavasti). Luonas-kaakkoiset suunnat eivät ole kokonaistuotannon kannalta ihanteellisia, mutta sopivat paremmin aamu- ja iltapäivän kulutushuippujen tasaamiseen vrt. pelkästään etelään suunnatun paneelin keskipäivällä saavutettu huipputuotanto.

Koko kohderakennus sekä varjostusten kannalta kriittisimmiksi arvioidut naapurirakennukset 3D-mallinnettiin karttapohjan päälle PV\*SOL-ohjelmistossa. Mittoina rakennuksille käytettiin ohjelman OpenStreetMap-karttapohjaa, Google Earth-satelliitti/ilmakuvia, mittauksia kohderakennuksen ullakolla.

Aurinkopaneeleille hyödylliset kattopinnat näkyvät kuvassa 1. Kohderakennus on oikealla ylhäällä vaaleanharmaakattoinen rakennus (vertaa ilmakuvaan (kuva 2)). Aurinkopaneeleita on mallinnettu kaakkoon osoittavalle katolle rakennuksen pohjoispäädyssä sekä lounaaseen osoittavilla kahdella kattopinnalla, jatkossa näistä kahdesta käytetään nimityksiä ”alakatto” ja ”yläkatto”.

Simuloitavaksi valittiin ohjelman oma geneerinen 300Wp yksikidepaneeliesimerkki, sillä taloyhtiö ei ole tehnyt päätöksiä toivotusta paneelityypistä, vain että ne olisivat ”hyvälaatuisia”.

Vaihtosuuntaajana (kansankielisesti invertteri) simulaatiossa käytettiin kunkin paneeliston tehoille mitoitettuja Fronius Symo -vaihtosuuntaajia: 2kpl 7 kW, 1kpl 10 kW ja 2kpl 12.5 kW.



Kuva 1. Mallinnetut rakennukset ja aurinkosähköjärjestelmä. As. Oy Yliopistonkatu 12b on harmaa rakennus yläoikealla. Kuva etelästä pohjoiseen.



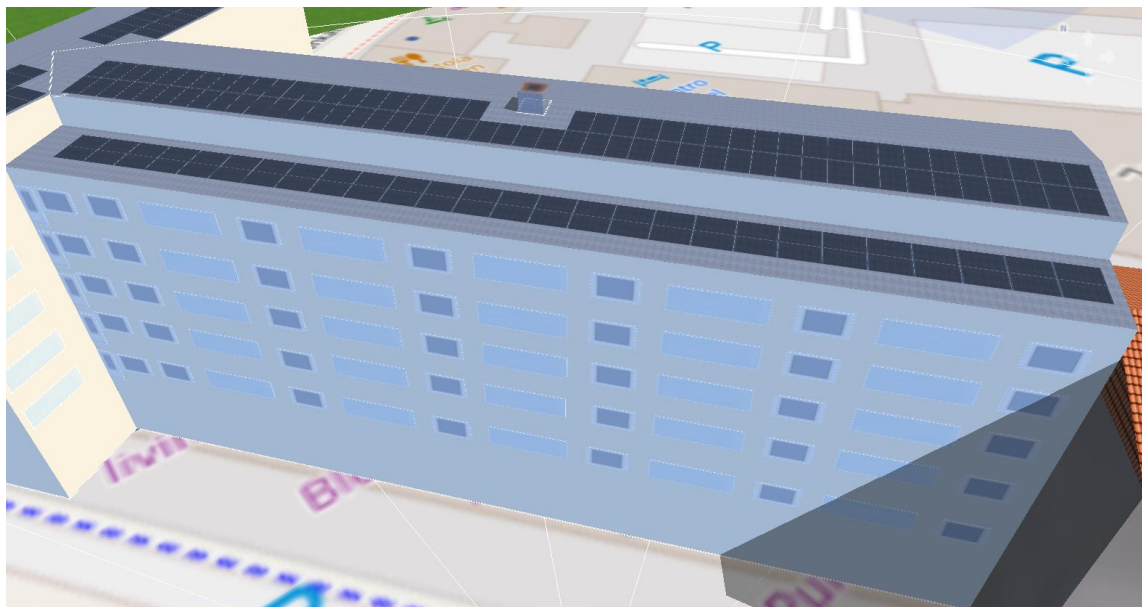
Kuva 2. Kuvan 1 mallinnusta todellisuudessa vastaava ilmakuva etelästä pohjoiseen. As. Oy Yliopistonkatu 12b on merkitty nuolella (Google Earth-ilmakuva Brahenkadun ja Yliopistonkadun kulmasta Turussa 2017).

### 4.3 Simulaatiotulokset

Simulaation tulokset on esitelty tulevissa alaluvuissa tiivistetysti taulukoissa 1 ja 2, joita havainnollistavat kuvat 3 ja 4 mallinnetuista paneelistoista vastaavasti. Taulukoiden lukemat ovat suuntaa-antavia, sillä tarkka tuotanto, teho ja käytettävissä oleva pinta-ala riippuu valituista paneeleista ja toteutussuunnittelun aikana tehdyistä ratkaisuista.

#### 4.3.1 Lounaiset kattopinnat

Lounaisella katolla paneelit ovat jaettu kahteen paneelistoon kuvan 3 esittämällä tavalla. Alemmalle katolle (jatkossa “alakatto”) paneelit ovat asennettu vaakasuunnassa parhaan tilankäytön mahdollistamiseksi, sillä katon reunassa lumiesteet estävät pystyasennuksen. Lumiesteitä, kuten muitakaan varjostukseen vaikuttamattomia yksityiskohtia, ei ole mallinnettu niiden mittatietojen puutteen vuoksi. Ylemmällä katolla (jatkossa “yläkatto”) paras tilankäyttö saadaan asentamalla paneelit pystysuuntaisesti. Molempien kattopintojen kallistuskulma on noin 7 astetta. Taulukossa 1 esitetään simulaatiotulokset näihin paneelistöihin eriteltynä.



Kuva 3. Lounaisten kattopintojen aurinkopaneelistot.

Taulukko 1. Lounaisten kattopintojen aurinkopaneelistojen simulaatiotulokset.

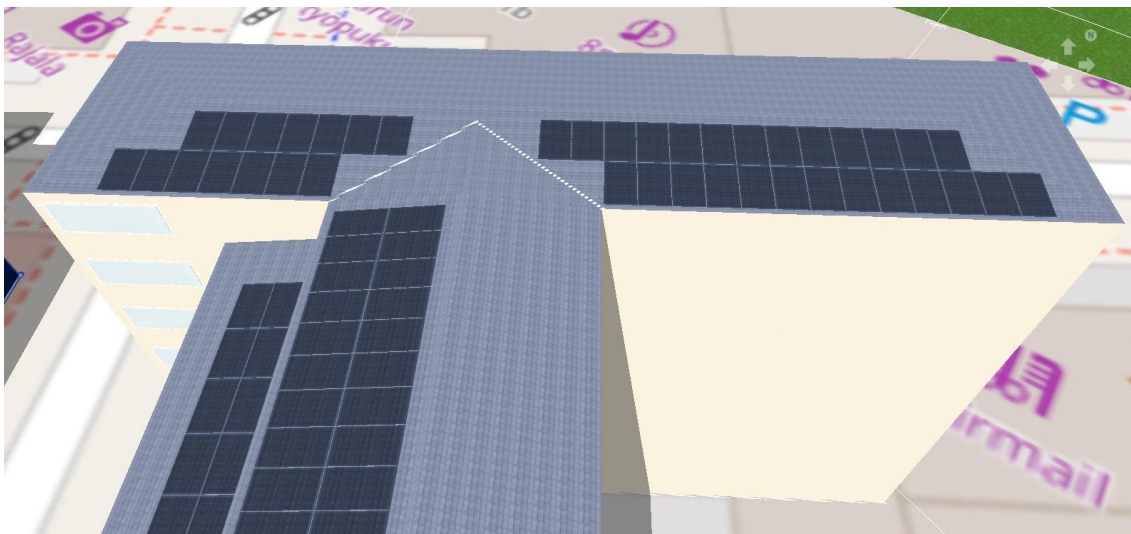
**Simulaatio: Lounainen “yläkatto”**

Suunta	235 astetta
Paneelien pinta-ala	Noin 150 m <sup>2</sup>
Vuosittaisen säteilyenergian määrä pinnassa	942 kWh/m <sup>2</sup>
Sähköenergian tuottopotentiali	Noin 22 000 kWh/vuosi
Aurinkosähköjärjestelmän huipputeho	26 kWp
Hinta-arvio (olettaen 1200€ / kWp)	Noin 31 200 €
<b>Simulaatio: Lounainen “alakatto”</b>	
Suunta	235 astetta
Paneelien pinta-ala	Noin 100 m <sup>2</sup>
Vuosittaisen säteilyenergian määrä pinnassa	920 kWh/m <sup>2</sup>
Sähköenergian tuottopotentiali	Noin 11 400 kWh/vuosi
Aurinkosähköjärjestelmän huipputeho	16 kWp
Hinta-arvio (olettaen 1200€ / kWp)	Noin 19 200 €

## 4.3.2 Kaakkoinen kattopinta

Kaakkoisella kattopinnalla paneelit ovat asennettu pystysuuntaisesti yhteen paneeliston kuvan 4 osoittamalla tavalla. Paneeliston epäsäännöllinen muoto juontuu aumakaton päätykulmista sekä Brahenkadun suuntaisen b-rapun (pitempi rakennus, jossa muun muassa lounaiset kattopinnat) liittymisestä kaakkoiseen kattoon, joka jakaa paneeliston kahtia. Katon kallistus on noin 7 astetta. Taulukossa 2 esitetään kattopinnan simulaatiotulokset.





Kuva 4. Kaakkoisen kattopinnan aurinkopaneelisto.

Taulukko 2. Kaakkoisen aurinkopaneeliston simulaatiotulokset.

#### Simulaatio: Kaakkoinen aumakatto

Suunta	145 astetta
Paneelien pinta-ala	Noin 70 m <sup>2</sup>
Vuosittaisen säteilyenergian määrä pinnassa	940 kWh/m <sup>2</sup>
Sähköenergian tuottopotentiali	Noin 9500 kWh/vuosi
Aurinkosähköjärjestelmän huipputeho	12 kWp
Hinta-arvio (olettaen 1200€ / kWp)	Noin 14 400 €

#### 4.3.3 Kokonaisjärjestelmä

Koko järjestelmän avainluvut ovat esitetty alla taulukossa 3. Luvut ovat karkeasti laskettuja arvioita, sillä tarkkoja, monimutkaisia laskelmia ei ole järkevää käyttää näin aikaisessa vaiheessa, kun investointi- ja ylläpitokulujenkin määrät ovat vasta tyyppiesimerkin tasolla. Käytetyt laskentakaavat ja olettamat ovat selostettu taulukon jälkeisessä tekstissä.



Taulukko 3. Koko aurinkosähköjärjestelmän simulaatiotulokset.

**Simuloitu kokonaisjärjestelmä, kaikki pinnat yhdessä**

Tuotetun sähkön omakäyttö	Noin 41 000 kWh/vuosi
Tuotetun sähkön verkkoonsyöttö	Noin 800 kWh/vuosi
Aurinkosähköjärjestelmän huipputeho	55 kWp
Vuosittainen säästö (sähkön ostohinta 0,15€/kWh, verkkoonmyyntihinta 0€/kWh)	Noin 6 200 €
Hinta-arvio (olettaen 1200€ / kWp, ALV 0%)	Noin 66 000 €
Takaisinmaksuaika (olettaen elinkaaren ylläpitokulut 20 000€ sis. inverttereiden vaihto kerran)	Noin 14 vuotta
LCOE (levelized cost of energy, tuotetun energian hinta)	Noin 0,07 €/kWh

Kokonaisjärjestelmän taloudellista kannattavuutta on myös mielekästä arvioida näiden tietojen pohjalta. Vuosittain säästetyn sähkön määrästä voidaan sähkön ostohinnan avulla laskea vuosittainen rahallinen säästö. Investointikustannukset ovat arvioitu olevan 1200 euroa per kWp, tarkempaa hinta-arviota ei ole mielekästä tehdä näin varhaisessa vaiheessa. Pohjana kustannusarviolle on käytetty FinSolarin tekemää selvitystä suomalaisten aurinkojärjestelmien kWp-hinnoista (Auvinen & Jalas 2017) jossa kokoluokan 10-250 kWp järjestelmän hintahaitariksi määriteltiin 1050–1350 €/kWp. Tieto on jo 3 vuotta vanhaa, ja aurinkosähkön hinta on laskenut siinäkin ajassa huomattavasti ja tulee vielä laskemaan ennen järjestelmän hankintaa (DNV GL 2019). Hintahaitarista on silti valittu korkeammanpuoleinen kilowattihiikkihinta, ottaen huomioon toimeksiantajan toiveen laadukkaista paneeleista sekä useammalle eri kattopinnalle asennettavan järjestelmän. Takaisinmaksuajan laskelmassa on lisäksi arvioitu inverttereiden vaihtoon ja muihin ylläpito- ja korjauskustannuksiin vajaa 1/3 järjestelmän investointikustannuksista, mikä on jokseenkin pessimististä muttei ennenkuulumatonta. Takaisinmaksuaika on laskettu alla olevalla kaavalla 2, joka ei huomioi esimerkiksi rahoituksen korkoa, inflaatiota tai järjestelmän tuotannon heikkenemistä.

$$\text{takaisinmaksuaika [vuosi]} = \frac{(\text{investointikustannus [€]} + \text{ylläpitokustannukset [€]})}{\text{vuosittainen tuotto [€/vuosi]}}$$

Kaava 2. Takaisinmaksuaika (Jan 2019).

Yleisesti käytetty vertailuhinta aurinkosähköjärjestelmissä on ns. levelized cost of energy (LCOE) joka ilmoittaa tuotetun energian hinnan. Sitä voi verrata tässä tapauksessa verkkosähkön ostohintaan. LCOE on tässä selvityksessä laskettu alla olevalla, yksinkertaistetulla kaavalla 3. Tämä kaava ei huomioi esimerkiksi rahoituksen korkoa, inflaatiota tai järjestelmän tuotannon heikkenemistä.

$$LCOE \left[ \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right] = \frac{(\text{investointikustannus [€]} + \text{ylläpitokustannukset [€]})}{\text{vuosittain käytetty aurinkosähköenergia} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{vuosi}} \right] * \text{käyttöikä [vuosi]}}$$

Kaava 3. LCOE (Huhtala, Osmo “Wind and hydro power” -opintojakso, luento 28.1.2020).

Talousarviossa ei ole myöskään huomioitu asuntojen arvonnousua. Arvonnousu on kuitenkin hyvin mahdollista imagosyistä ja madaltuneen sähkölaskun ansiosta. Lisäksi ekologisuus on tunnistettu, tuotteen arvoa kasvattava “myyntivaltti”, joten ei ole syytä epäillä etteikö se jollain tasolla vaikuttaisi asunnonkin arvoon. Tätä spekuloitua arvoa ei kuitenkaan sisällytetä arvioon varmuuden vuoksi.

#### 4.4 Casen yhteenveto

As. Oy Yliopistonkatu 12b on sijainniltaan ja rakenteeltaan sopiva aurinkosähkön oma-tuotantoa ajatellen, muttei alueen muista kerrostaloista poikkeava. Esimerkiksi lähes kaikkien ympäröivien korttelien rakennusten kattopinnat ovat aurinkosähkölle sopivia suunniltaan, varjostusolosuhteiltaan ja avaruudeltaan. Kerrostaloyhtiölle kriittinen tekijä aurinkosähköä suunniteltaessa onkin olosuhteiden lisäksi rakennuksen sähkömittarointi ja kulutusprofiili.

Takamittaroinnin lisäksi tarkastellussa taloyhtiössä on onnistuttu lisäämään energiankulutuksessa sähköenergian osuutta lämpöpumppuja hyödyntävän LTO-järjestelmän avulla. Kasvanut, ennakoitavissa oleva sähkönkulutus parantaa entuudestaan aurinkosähkön kannattavuutta, sillä järjestelmä voidaan mitoittaa suuremmaksi ilman pelkoa kannattamattoman sähkön verkkoon syöttämisen kasvusta. Aurinkosähköjärjestelmän koon kasvaessa sen taloudellinen kannattavuus tyypillisesti paranee, rakennuksen hiilijalanjälki pienenee ja esimerkiksi ARA:n avustuksia haettaessa tärkeä E-luku paranee. (Auvinen & Jalas 2017, Asumisen rahoitus- ja kehityskeskus 2020.)

Todellisten arvojen pohjalta tehty simulaatio antaa lupaavia tuloksia, eikä niitä ole syytä epäillä todellisuudesta suuresti poikkeaviksi. Vuosittainen säästö on yli 6000 euroa, ja takaisinmaksuaika noin 14 vuotta. Vähentämällä arvioidun elinkaaren (30 vuotta) aikana säästetyn sähkön arvosta elinkaarikustannukset, saadaan kokonaistuotoksi jopa 100 000 euroa. Lisäksi aurinkosähkön tuotanto mahdollistaa E-lukuun pohjautuvan rahallisen avustuksen hakemisen, jolla voidaan korvata suuri osa investoinnista. Mallinnetun tapainen aurinkosähköjärjestelmä on siis As. Oy Yliopistonkatu 12b:lle kannattava, ekologinen sijoitus.

## 5 REGULAATIO CASE-TAPAUKSESSA

Luvussa 3 kuvailtu regulaatio on näkyvissä myös Case Yliopistonkatu 12:ssa, ja paikoitellen siihen tulee myös reagoida. As. Oy Yliopistonkatu 12b välttää suurimmat lainsäädännön muodostamat haasteet takamittaroinnin ansiosta, mutta luvussa 5.3.1. esitellään myös vaihtoehto, jossa taloyhtiö olisi tavanomaisesti mittaroitu. Käytännön teknisiä eroja ei silloinkaan juuri olisi, mutta aurinkosähköjärjestelmän taloudellinen kannattavuus heikkenisi huomattavasti.

### 5.1 Verotus

Simuloitu järjestelmä alittaa sähköverovelvollisuuden 100 kVA:n rajan (Verohallinto 2019), jolloin sähköveroa ei tarvitse tämän järjestelmän yhteydessä huomioida, ellei järjestelmää kasvateta esimerkiksi julkisivupaneeliasennuksilla teholtaan ainakin kaksinkertaiseksi.

Suurehkona taloyhtiönä As. Oy Yliopistonkatu 12b ylittää kuitenkin arvonlisäverovelvollisuuden 10 000 euron rajan omalla toiminnallaan (vastikkeet ynnä muut). FinSolar-hankkeen verolautakunnalta saaman päätöksen mukaisesti kiinteistön verkon sisällä asuntoihin myydystä aurinkosähköstä ei tarvitse maksaa ALV:tä, mutta jakeluverkkoon myydystä täytyy. Taloyhtiö voi neuvotella sähkönmyyjänsä kanssa aurinkosähkön myyntihinnasta, mutta todennäköisesti niin hyvää sopimusta ei taloyhtiö saa aikaiseksi että se vaikuttaisi merkityksellisesti järjestelmän taloudelliseen tuottoon. Tällöin ALV:n maksamisen välttämiseksi saattaa olla helpointa sopia, että aurinkosähkön ylituotanto lahjoitetaan sähköyhtiölle. (Auvinen ym. 2020.)

Monet sähköyhtiöt eivät maksa ostamastaan pientuotannon sähköstä edes hetkittäistä pörssihintaa, jolloin ostohinta jää usein alle 5 snt/kWh (Fortum Oyj 2020). Hinnalla 5 snt/kWh laskettuna vuosittaisen verkkoon myydyn sähkön arvo simuloidussa järjestelmässä on noin 40 euroa, josta maksetaan ALV:tä noin 10 euroa. Kyseessä on siis varsin merkityksellinen rahasumma.

## 5.2 Lupakäytäntö

Turussa saa lupavapaasti asentaa rakennuksen katolle enintään kaksi 22 m<sup>2</sup> aurinkopaneelia tai -keräintä (Turun rakennusvalvonta 2016). Etukäteen ei ole mahdollista selvittää, kuinka kallis tai pitkä lupaprosessi on, joten se jää kysymysmerkiksi investoinnin aikatauluun ja budjettiin. Sitä ei ole erikseen huomioitu kustannusarviossa, vaan tyyppillisen kWp-hinta-arvion on oletettu kattavan sen. Luvan hakeminen kuitenkin hyvin todennäköisesti pidentää prosessia, ja mikäli lupa-asiat hoitaa urakoitsija, saattaa se nostaa järjestelmän kokonaiskustannuksia.

## 5.3 Mittarointi

Takamittarointijärjestelyn ansiosta tuotetun sähkön hintaan (LCOE) ei tarvitse sisällyttää siirtomaksua ja veroa. Taloyhtiön tulee vain sopia sähkön laskennallisesta jakamisesta taloyhtiön omissa sähkölaskuissa – helpointa se on toteuttaa vastikkeittain, mikäli myös aurinkosähkölaitteiston investointikustannukset jaetaan vastikkeittain.

### 5.3.1 Vaihtoehtoinen skenaario

Mutta entäpä jos rakennus olisikin tavalliseen tapaan verkkoyhtiön laittein mittaroitu? Tässä tapauksessa LCOE:ta ei varsinaisesti voida laskea, mutta mikäli sille halutaan teoreettinen vertailuarvo, voidaan sellainen arvioida sähköstä maksettujen verojen ja siirtomaksujen avulla. Alueen jakeluverkkoja hallinnoivan Turku Energia Sähköverkot Oy:n hinnastoilla (Turku Energia Sähköverkot Oy 2020) siirtomaksu 1x25 A -liitännän kerrostaloasuntoon on 3,48 snt/kWh ja luokan 1 sähkövero 2,8 snt/kWh. Jos kiinteistösähkön (ulkovalot, LTO jne.) arvo jätetään huomiotta, aurinkoenergian LCOE olisi 13,28 snt/kWh. Tämä olisi nykyiseen LCOE:hen 7 snt/kWh verrattuna lähes kaksinkertainen, noin verkkosähkön hintaluokkaa. Tällöin investoinnin takaisinmaksuaika olisi 24 vuotta.

### 5.3.2 Vaihtoehtoinen skenaario takamittarointiremontilla

Vaihtoehtona olisi siirtyä takamittarointiin tai odotella esimerkiksi hyvityslaskentamallien laillistumista. Takamittarointiin siirtymisen voi arvioida maksavan noin 400 euroa per mittari (Auvinen ym. 2020). As. Oy Yliopistonkatu 12b:n tapauksessa asuntoja on 62, jolloin pelkän mittariremontin hinnaksi voi arvioida  $62 \cdot 400 \text{ €} = 25\,000 \text{ €}$ . Uusi LCOE olisi noin 9 snt/kWh ja takaisinmaksuaika noin 18 vuotta. Tämä ei tekisi järjestelmästä varsinaisesti kannattamatonta, mutta remontti olisi tarpeeton, suuri kulu – kyseessä on vain regulaation mukailu ilman käytännön tarvetta. Sähkömarkkinalain (Sähkömarkkinalaki 588/2013) mukaan asunto-osakeyhtiössä takamittarointiin siirtyminen vaatii myös osakaiden yksimielisen päätöksen, jonka saaminen voi olla näin suuressa taloyhtiössä varsin haastavaa.

### 5.4 Yhteenveto

As. Oy Yliopistonkatu 12b:n takamittaroinnin ansiosta järjestelmää ei tarvitse mitoittaa tarkasti pelkän kiinteistösähkön kulutuksen mukaan. Järjestelmästä ei kuitenkaan tule vahingossakaan sähköverovelvollisuuskynnyksen ylittävä. Ylituotannosta ei voi laskea saatavan tuottoa kehnon myyntihinnan ja ALV:n vuoksi, mutta ylituotanto pitäisi jäädä varsin pieneksi. Aurinkosähköjärjestelmä voidaan siis suunnitella ja toteuttaa mahdollisimman suureksi, jolloin mahdollisimman suuri osuus rakennuksessa käytetystä sähköstä on uusiutuvaa, käytännössä päästötöntä aurinkoenergiaa. Jos tuotettu aurinkoenergia oletetaan päästöttömäksi (ei huomioida muun muassa paneelien ja oheislaitteiden valmistuksesta koituvia päästöjä), oletetaan vuosittain tuotetuksi aurinkosähköksi 42 000 kWh ja käytetään sähkönkulutuksen hiilidioksidipäästöarvona vuoden 2019 keskimääräistä kulutetun sähkön hiilidioksidipäästöä 91 g/kWh (Fingrid 2019) voidaan taloyhtiön vuosittain säästetyt päästöt laskea alla olevalla kaavalla 4. Säästetty hiilidioksidimäärä vastaa 30 keskiverron kerrostaloyksion vuosittaista sähkönkulutusta, tai lähes koko maapallon ympäri ajoa autolla, jonka CO<sub>2</sub>-päästöt ovat 100g/km (Rouhiainen & Heiskanen 2015).

$$\text{säästetty CO}_2 \left[ \frac{\text{g}}{\text{vuosi}} \right] = \text{sähkön CO}_2 \left[ \frac{\text{g}}{\text{kWh}} \right] * \text{vuodessa säästetty verkkosähkö} \left[ \frac{\text{kWh}}{\text{vuosi}} \right] \rightarrow \\ 91 \frac{\text{g}}{\text{kWh}} * 42\,000 \frac{\text{kWh}}{\text{vuosi}} = 3\,822 \text{ kg/vuosi}$$

Kaava 4. Hiilidioksidipäästösäästöt per vuosi.

Hyvityslaskennan laillistuessa tilanne vastaisi pitkälti takamittarointiskenaariota. Poikkeuksena taloyhtiön ei tarvitsisi tehdä sähkönetotusta itse, vaan sen tekisi joko sähköverkkoyhtiö tai mahdollisesti toinen palveluntarjoaja. Tällöin on mahdollista, että aurinkosähköjärjestelmä voisi tarjota myös sähköverkkopalveluja, esimerkiksi loistehon hallintaa. (Auvinen ym. 2020.) Vaihtoehtoisten skenaarioiden taloudelliset erot ovat tiivistetty alla taulukossa 4.

Taulukko 4. Case Yliopistonkatu 12:n vaihtoehtoskenaarioiden kustannukset.

	Simuloitu järjestelmä	Vaihtoehtoinen skenaario	Skenaario + taka- mittarointiremontti	
Vuosittainen säästö	6 200	3 600	6 200	€
Investointikustannus	66 000	66 000	91 000	€
Takaisinmaksuaika	14	24	18	vuotta
LCOE	0,07	0,13	0,09	€/kWh

## 6 LOPPUPÄÄTELMÄT

Lainsäädännön luomat ongelmat ovat olleet päättäjien tietoisuudessa jo pitkään. Hietaasta edistyksestä ja takapakeista huolimatta ratkaisuja on kehitetty pitkin 2010-lukua ja työ jatkuu edelleen. Työssä käsitellyt esteet, edistysaskeleet ja tulevat tai tarvittavat toimenpiteet havainnollistettiin case-tapaukseen peilaamalla ja vaihtoehtoisia skenarioita arvioimalla. Työn tarkoituksena oli luoda esimerkki, jota on mahdollista käyttää case-tapausta vastaavan projektin toteutuksessa apuna arvioitaessa aurinkosähköinvestoinnin kannattavuutta regulaation kannalta, ei niinkään tuottaa uutta tutkimustietoa. Tässä työ on onnistunut tarjoamalla lasku- ja arviointityökaluja sekä konkreettisia esimerkkejä ajankohtaisen tiedon ja ajankohtaisen case-selvityksen avulla.

Esimerkit ja selvitykset kohdentuivat Suomen ja EU:n lainsäädäntöön, etupäässä sähkömarkkina- ja sähköverolakeihin. Verotuksen muodostamat esteet aurinkosähkölle taloyhtiömittakaavassa ylitettiin pitkälti vuoden 2015 sähköverolakimuutoksen sekä osaltaan FinSolar-hankkeessa tehdyn ALV-ennakkoratkaisupyynnön positiivisen vastauksen tuoman varmuuden myötä. Toimenpide- ja rakennuslupakäytännöt vaihtelevat edelleen suuresti paikkakunnittain, mutta valtion esimerkki on luotu ja ainakaan tapauskohtaisia lupakäsittelyjä ei tarvitse tehdä kunnallisen lupakäytännön puutteen vuoksi. Tämän voidaan olettaa vähentävän aurinkosähköjärjestelmien suunnittelukustannuksia – tai ainakin parantavan toimittajien katetta.

Suurimmaksi haasteeksi jää aurinkosähkön jakaminen kiinteistön sisäisessä verkossa. Nykyisellä lainsäädännöllä aurinkosähkön jakelu osakkaille sähköverkkoyhtiön omistamien sähkömittareiden kautta lisää omassa voimalassa tuotettuun aurinkosähköön siirtomaksut ja verot. Tämä tekee aurinkosähkön omakäytöstäkin heikosti kannattavaa. Ongelma on kuitenkin ratkeamassa vuoden 2020 syksyllä, kun EU:n direktiivin 2019/944 mukaiset muutokset säädetään Suomen sähkömarkkinalakiin (Valtioneuvoston julkaisuja 2020:1 2020). Niin sanottuun mittarointidirektiiviin on useita korjausehdotuksia, ja sen sisältöön ja vaikutuksiin on otettu kantaa monelta taholta. Nähtäväksi jää, millainen vaikutus direktiivillä tulee olemaan direktiivin 2019/944 astuessa voimaan Suomessa vuoden 2020 loppupuolella.

Näiden epävarmuustekijöiden ja suoranaisten lainsäädännöllisten esteiden vuoksi monet nykyiset kerrostaloyhtiöiden aurinkosähköjärjestelmät on mitoitettu kiinteistösähkön



kulutuksen mukaan. Monissa tapauksissa järjestelmät jäävät tarkoituksella pieniksi "ekoteko"-henkiseksi investoinneiksi heikon kannattavuuden vuoksi, kun itse tuotetun aurinkosähkön käytöstäkin pitää maksaa. Laskennallinen sähkölaskutus, esimerkiksi tässä työssä usein mainittu hyvityslaskenta, toisi muutoksen tähän ajatteluun. Aurinkosähkö on taloyhtiömittakaavassa järkevästi mittaroituna täysin kannattava, ellei peräti houkutteleva sijoitus, kuten Case Yliopistonkatu 12 osoittaa. Suomessa on valtavat potentiaalit taloudellisesti kannattavan, ympäristöystävällisen ja Suomen ilmastotavoitteita edistävän aurinkosähkön tuotantoon.

Tämän potentiaalin tarkan suuruuden arviointi ei kuulu tämän työn tavoitteisiin, mutta siihen liittyviä kysymyksiä ja mahdollisia jatkoselvityksen kohteita eri tieteenaloille heräsi useassa kohtaa, joita on listattu alla. Mahdollisesti taloudellisen aurinkosähkön taloyhtiöissä mahdollistavan lakimuutoksen ollessa melkein nurkan takana, nämä kysymykset nousevat useille kaupallisille ja hallinnollisille tahoille ajankohtaisiksi.

Aurinkosähköllä on selvästi saavutettavissa suuriakin säästöjä pitkällä aikavälillä, mutta onko se taloyhtiöille kannattavaa suuren alkusijoituksen huomioiden. Toisin sanoen salliiko suomalaisten taloyhtiöiden taloustilanne ja velkaantumisaste kymmenien tuhansien eurojen ei-välttämättömät investoinnit? Entä millaisia vaikutuksia laajamittaisella aurinkosähkön käyttöönotolla voisi olla kunnallisella tai valtakunnallisella tasolla, onko valtiolla esimerkiksi huoltovarmuudellisia intressejä tukea aurinkosähköprojekteja?

Taloyhtiöiden omilla aurinkosähköprojekteilla saattaa myös olla sosiaalisia vaikutuksia. Voisiko reaaliaikainen pääsy aurinkosähkön tuotantotietoihin parantaa asukkaiden sähkönkulutustottumuksia, vai kannustaako halvempi, päästötön sähkö kulutuksen lisäämiseen?

Rakennusteknisesti hyödyllistä tietoa olisi aurinkosähköä integroivan tai jälkiasennusta mahdollistavan rakentamisen taloudellinen kannattavuus. Mitä remonteissa tai uudiskohteissa tulisi huomioida, jotta aurinkosähköjärjestelmän asentamiselle luotaisiin otolliset lähtökohdat? Onko suomalaisissa olosuhteissa elinkaarikustannusten puolesta houkuttelevaa käyttää aurinkopaneeleita integroivia rakennusmateriaaleja katoissa ja julkisivuissa?

## LÄHTEET

Arvonlisäverolaki 30.12.1993/1501. Annettu Helsingissä 30.12.1993. Saatavilla sähköisesti osoitteesta <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19931501#V12>

Asumisen rahoitus- ja kehityskeskus, 2020. *Avustettavat korjaukset*. Viitattu 3.4.2020. Saatavilla sähköisesti osoitteesta: [https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat\\_ja\\_avustukset/Energiaavustus/Taloyhtiöt/Avustettavat\\_korjaukset\(53755\)](https://www.ara.fi/fi-FI/Lainat_ja_avustukset/Energiaavustus/Taloyhtiöt/Avustettavat_korjaukset(53755))

Auvinen, K., 2015. *Aurinkoenergiatoimiala Suomessa > 2.6.3 Lupakäytännöt*, Aalto-yliopiston kauppa+talous. Helsinki. Viitattu 22.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/20264/isbn9789526067674.pdf;sequence=1>

Auvinen, K., Honkapuro, S., Ruggiero, S. & Juntunen, J., 2020. *Aurinkosähköä taloyhtiöisen asukkaille; mittaushaasteista kohti digitaalisia energiayhteisöpalveluja*, Helsinki: Aalto-yliopisto. Viitattu 22.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/43236/isbn9789526089881.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Auvinen, K. & Jalas, M., 2017. *Aurinkosähkön hinnat ja kannattavuus*. Viitattu 24.3.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus/>

Auvinen, K. et al., 2016. *FinSolar: Aurinkoenergianmarkkinat kasvuun Suomessa*, Helsinki: Aalto-yliopisto. Viitattu 24.3.2020 Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://docplayer.fi/18592563-Finsolar-aurinkoenergian-markkinat-kasvuun-suomessa.html>

DNV GL, 2019. *Energy transition outlook 2019*, Norja: DNV GL. Viitattu 22.4.2020 Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://eto.dnvgl.com/2019>

Energiateollisuus ry, 2015. *Sähköverkkoyhtiöt*. Viitattu 9.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://energia.fi/energiasta/energiaverkot/sahkoverkot/sahkoverkkoyhtiöt>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2019/944, annettu 5.6.2019 Brysselissä. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944>

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2004/22/EY, liite 1, kohta 10.5, annettu 31.3.2004 Brysselissä. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2004L0022:20091201:FI:PDF>

Fingrid, 2019. *Sähköntuotannon CO<sub>2</sub>-päästöarvio > 1.1.2019-31.12.2019 > kulutetun sähkön päästöjen keskiarvo*. Viitattu 17.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinainformaatio/co2/>

Fortum Oyj, 2020. *Myy sähkösi meille*. Viitattu 15.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/aurinkopaneelit/oman-tuotannon-myynti-lahisahko>

Google Earth-ilmakuva Brahenkadun ja Yliopistonkadun kulmasta Turussa, 2017. Google Earth, Google LLC. Viitattu 20.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa

Ilmatieteenlaitos, 2020. *Tilastoja vuodesta 1961 > Turku, talvi*. Viitattu 15.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>

Jan, I., 2019. *Xplained.com > Accounting > Capital Budgeting > Payback Period*. Viitattu 16.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://xplained.com/849768/payback-period>

Jordan, D. C. & Kurtz, S. R., 2012. *Photovoltaic Degradation Rates — An Analytical Review*. National renewable energy laboratory: Progress in Photovoltaics: Research and Applications. Viitattu 16.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.nrel.gov/docs/fy12osti/51664.pdf>

Juntunen, J., 2015. *Aurinkosähkö taloyhtiöissä - mittarointi ja tuotantomallit*. Viitattu 9.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.slideshare.net/FinSolar/fin-solar-taloyhtion-aurinkoenergiamallitjuntunen26052015>

Känsälä, K. & Hammar, K., 2018. *Säätövoimaa tulevaisuuden markkinoille*, Espoo: Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Viitattu 9.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://cris.vtt.fi/en/publications/s%C3%A4%C3%A4t%C3%B6voimaa-tulevaisuuden-s%C3%A4hk%C3%B6markkinoille>

Laki maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta 230/2017. Annettu Helsingissä 21.4.2017. Viitattu 10.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170230>

Liuksiala, L., 2015. *FinSolar - Verotus*. Viitattu 6.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: [https://finsolar.net/en\\_US/regulaatio/verotus/](https://finsolar.net/en_US/regulaatio/verotus/)

Lyytikäinen, M., 2018. *Lämpökamerakuvausten hyödyntäminen aurinkovoimalan kunnan tarkastelussa*, Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 11.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/158227/Markus\\_Lyytikainen.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/158227/Markus_Lyytikainen.pdf?sequence=1)

Manninen, J., 2019. *Energiayhteisöiden potentiaali ja esteet Suomessa*. Lappeenranta: Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto. Viitattu 11.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/159880>

Motiva, 2017. *Aurinkosähköjärjestelmän teho*. Viitattu 6.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho)

Motiva, 2019. *Verkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä*. Viitattu 29.3.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/tarvittava\\_aitteisto/verkkoon\\_liitetty\\_aurinkosahkojarjestelma](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma)

Ost, I., 2018. *solar.com > The Best Roof for Solar Panels – 5 Common Materials*. Viitattu 28.3.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.solar.com/learn/5-common-roof-types-for-solar-panels/>

Puro, V.-M., 2018. *aurinkovirta.fi > Kiinnitysteline*. Viitattu 28.3.2020. <http://www.aurinkovirta.fi/aurinkosahko/aurinkovoimala/kiinnitysteline/>

Puro, V.-M., 2019. *aurinkovirta.fi > Kysymyksiä aurinkosähköstä*. Viitattu 10.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <http://www.aurinkovirta.fi/aurinkosahko/kysymyksiä/>

Rakennustieto, 2019. *RT 103076 Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät* Viitattu 29.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.rakennustieto.fi/> (vaatii käyttöoikeuden)

Rouhiainen V. & Heiskanen E., 2015. *Tuntimittauksen havainnollistaminen esimerkeinLoppuraportti* Viitattu 29.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: [https://energia.fi/files/948/Tuntimittauksen\\_havainnollistaminen\\_esimerkein\\_2015.pdf](https://energia.fi/files/948/Tuntimittauksen_havainnollistaminen_esimerkein_2015.pdf)

Ruusunen, J., 2019. *Tulevaisuuden energiahuoltovarmuus*. Viitattu 23.3.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://turvallisuuskomitea.fi/tulevaisuuden-energiahuoltovarmuus/>

Sähkömarkkinalaki 588/2013. Annettu Helsingissä 9.8.2013. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588#Pidp445846592>

Suomen virallinen tilasto (SVT), 2019. *Asumisen energiankulutus vuonna 2018*. Viitattu 23.3.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: [http://www.stat.fi/til/asen/2018/asen\\_2018\\_2019-11-21\\_tie\\_001\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/asen/2018/asen_2018_2019-11-21_tie_001_fi.html)

Tarvainen, A., 2016. *Aurinkosähkön pientuotannon lupa-, sopimus- ja kaavoitusprosessit Varsinais-Suomessa*. Viitattu 29.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/105190/Tarvainen\\_Ane.pdf?sequence=1&isAllo wed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/105190/Tarvainen_Ane.pdf?sequence=1&isAllo wed=y)

Tilastokeskus, 2017. *Tilasto: Energian hinnat [verkkajulkaisu] 4. vuosineljännes 2016, Liitekuvio 5. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin*. Viitattu 24.3.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: [http://www.stat.fi/til/ehi/2016/04/ehi\\_2016\\_04\\_2017-03-08\\_kuv\\_005\\_fi.html](http://www.stat.fi/til/ehi/2016/04/ehi_2016_04_2017-03-08_kuv_005_fi.html)

Tuomi, T., 2015. Taas yksi pientuotannon laajentumisen este vähemmän. *Suomen Lähienergialiitto ry*. Viitattu 8.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.lahienergia.org/taas-yksi-pientuotannon-laajentumisen-este-vahemman/>

Turku Energia Sähköverkot Oy, 2020. *Verkkopalveluhinnasto*. Viitattu 15.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.turkuenergia.fi/sahkoverkko/tietoa-sahkoverkostamme/hinnastot-ja-sopimusehdot/verkkopalveluhinnasto/>

Turun rakennusvalvonta, 2016. *Neuvontakortti – Aurinkopaneelit ja -keräimet*. Viitattu 17.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: [https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/ohjekortti\\_aurinko.pdf](https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/ohjekortti_aurinko.pdf)

Valtioneuvoston asetus mittauslaitteiden olennaisista vaatimuksista, vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja teknisistä erityisvaatimuksista 21.12.2016/1432, Annettu Helsingissä 21.12.2016. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161432>

Valtioneuvoston julkaisuja 2020:1, 2020. *Hallituksen lainsäädäntöohjelma - Suunnitelma vaalikauden 2019–2023 keskeisistä lainsäädäntöhankkeista*. Viitattu 19.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162072/VN\\_2020\\_01.pdf?sequence=4](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162072/VN_2020_01.pdf?sequence=4)

Verohallinto, 2019. *Energiaverotusohje*. Viitattu 6.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/56206/energiaverotus/#2-s%C3%A4hk%C3%B6n-verotus>

Vuorinen, T., 2017. *Aurinkosähkön kannattavuus taloyhtiölle*, Lappeenranta: Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Viitattu 16.4.2020. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/149351/kandityo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta, 2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171048>. Saatavissa sähköisesti osoitteessa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171048>