

SAVONIA

ammattikorkeakoulu

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN MITOITUS JA HYVITYSLASKENTA TALOYHTIÖSSÄ

KOy Otonkulma

TEKIJÄ Onni Nyström

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Onni Nyström			
Työn nimi Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus ja hyvityslaskentamalli taloyhtiössä, KOy Otonkulma			
Päiväys	13.5.2022	Sivumäärä/Liitteet	41 + 5
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) KOy Otonkulma			
Tiivistelmä			
<p>Opinnäytetyössä selvitettiin yhtiöön sopivan aurinkosähköjärjestelmän koko, hankintahinta ja takaisinmaksuaika. Järjestelmä mitoitettiin niin, ettei sähköä kuitenkaan jää myytäväksi sähköverkkoon vaan tuotettu sähkö käytetään yhtiön yhteiseen tai asukkaiden käyttöön. Työn kohteena oli Mikkelin keskustassa sijaitseva taloyhtiö KOy Otonkulma. Työ katsottiin tarpeelliseksi valtioneuvoston uuden asetuksen myötä, jolla lakia sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta muutettiin niin, että taloyhtiön aurinkosähköjärjestelmällä tuotettua sähköä voidaan jakaa asukkaille ilman sähkönsiirtomaksuja.</p> <p>Järjestelmän mitoituksen pohjana käytettiin toteutunutta historiallista keskiarvoista tuntikohtaista auringon säteilydataa. Lisäksi käytössä oli mitoituksen ajalta kesäkuukausien toteutuneet sähkönkulutustiedot, jotta mitoitus olisi mahdollisimman tarkka. Oikean kokoisen järjestelmän laskemiseksi muodostettiin laskentataulukko. Varsinainen kannattavuuslaskenta tehtiin FinSolar hankkeessa tuotetulla taulukolla. Tutkimusongelmana oli kiinteistössä käytettävissä olevan pinta-alan sekä järjestelmän hankintahinnan määrittäminen. Hyvityslaskentamallin käyttöä tarkasteltiin esimerkin kautta sekä käytiin läpi jakoperiaate asukkaille. Tutkimuksen yhteydessä suoritettiin kyselytutkimus, jonka tarkoituksena oli saada käsitys osakkaiden suhtautumisesta aurinkosähköjärjestelmää kohtaan yhtiömuotoisessa omistuksessa.</p> <p>Työssä saatiin selville kiinteistöön asennettavissa oleva suurin mahdollinen aurinkovoimalan koko, hankintahinta ja takaisinmaksuaika. Tärkeä havainto oli myös, että vaikka kaikki etelän suuntaan käytettävissä olevat tasot katettaisiin aurinkopaneelilla, ei keskiverto vuotena sähkön tuotannosta kuitenkaan riittäisi jaettavaiksi asukkaille. Kesäaikaan järjestelmä riittää juuri kattamaan yhtiön käyttämän sähkönkulutuksen keskipäivällä. Työ antaa kattavan selvityksen aurinkosähkön potentiaalista sekä hyvityslaskennan hyödyntämisestä taloyhtiössä. Toteutetun kyselytutkimuksen avulla taloyhtiölle muodostuu suurpiirteinen käsitys mitä osakkaat aurinkosähkystä taloyhtiössä ajattelevat.</p>			
Avainsanat Aurinkosähkö, hyvityslaskenta			

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering	
Author Onni Nyström	
Title of Thesis Dimensioning Photovoltaic System and Surplus Compensation Model in a Housing Association, KOy Otonkulma	
Date 13 May 2022	Pages/Appendices 41+ 5
Client Organisation /Partners KOy Otonkulma	
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to calculate the size, price, and payback time of a suitable photovoltaic system. The produced energy should not exceed the consumption of the housing association. All produced electricity should be used for common electricity needs of the company or the residents. Property of the thesis is located in Mikkeli city center. The work was considered topical due to the new government decree. The act on the settlement and measurement of electricity deliveries was amended so that electricity generated by the housing company's photovoltaic system can be distributed to residents without electricity transmission fees.</p> <p>The base data used for measurements was average realized hourly solar radiation data. The existing electricity consumption figures from summer 2021 were obtained from residents and the property manager. The correct size of the system was calculated in a spreadsheet, which was created for the project. Profitability was calculated using a spreadsheet made in project called Finsolar. During the work, a few research problems were found. The available area was calculated from an aerial picture. Determining the right purchase price for the system was difficult. Market prices did not match for this kind of building. Using of surplus compensation model was discussed and was taken into account. A survey was also conducted to get an idea of the shareholders' attitude towards photovoltaic system in an apartment housing association.</p> <p>As a result of the study, the maximum possible size of the solar power plant, the purchase price and the repayment period were found out. An important finding was also that even if all available area to the south were covered with solar panels, at average solar radiation year there would not be enough of electricity to be distributed to the residents. At summertime, the system produces just enough electricity to cover the company's consumption at noon. The thesis provides good information on the potential of photovoltaic electricity and utilizing of surplus compensation system. Based on the results of the survey the apartment housing company has a broad idea what shareholders think about solar electricity.</p>	
<p>Keywords photovoltaic electricity, surplus compensation system</p>	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
2	AURINKOSÄHKÖ.....	9
2.1	Auringon säteily	9
2.2	Kennojen kehitys	9
2.3	Hintakehitys ja kiinnostus aurinkosähköä kohtaan	10
2.4	Asennettu aurinkosähkökapasiteetti	11
2.5	Aurinkosähkön osuus sähkön tuotannosta	12
2.6	Invertteri.....	12
2.7	Paneelit.....	13
2.8	Poliittinen vaikutus.....	15
3	KOHTEEN TIEDOT JA MITOITUKSESSA TARVITTAVAT LÄHTÖÄRVOT	17
3.1	Kohteen tiedot.....	17
3.2	Kulutustiedot	17
3.2.1	Taloyhtiön kulutus.....	17
3.2.2	Taloyhtiön liiketilojen kulutus	17
3.2.3	Asuntojen kulutustiedot.....	17
3.2.4	Tietopyynnön toteutuminen	17
3.2.5	Kulutusprofiilin luominen	18
3.3	Asennuskulmien ja pinta-alan määrittäminen	18
3.3.1	Harjakatto	18
3.3.2	Tasakatto	20
3.4	Säteilytietojen hankinta	22
3.5	Mitoituksessa käytettävän järjestelmän tiedot.....	23
3.6	Sähkön hintatiedot.....	24
4	MITOITUS JA KANNATTAVUUS	25
4.1	Mitoituksen perusteet.....	25
4.2	Mitoituksen tekeminen	25
4.3	Vuosituotannon laskeminen	26
4.4	Järjestelmän kannattavuus	28
5	HYVITYSLASKENTA	30

5.1	Lainsäädäntö	30
5.2	Periaate.....	30
5.3	Ylijäämäsihköön jakomahdollisuudet	31
5.4	Vaikutus kannattavuuteen	32
6	KYSELYTUTKIMUS OSAKKAILLE AURINKOSÄHKÖSTÄ	33
6.1	Toteutus	33
6.2	Tietopyynnön toteutuminen.....	33
6.3	Vastaukset kyselyyn.....	33
6.4	Päätelmät vastauksista	34
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	35
	LÄHTEET	36
	LIITE 1: KIRJE KULUTUSTIETOJEN PYYTÄMISEKSI	39
	LIITE 2: LASKELMAT KULUTUKSEN JA TUOTANNON KOHTAAMISESTA.....	41
	LIITE 3: FINSOLAR AURINKOSÄHKÖN KANNATTAVUUSLASKURI V042020 OTONKULMA	41
	LIITE 4: GOOGLE FORMS KYSELY AURINKOSÄHKÖSTÄ	41
	LIITE 5: AURINKOSÄHKÖN MIELIPIDEKYSELYN KOONTITAUUKKO	41
	 KAAVIOLUETTELO	
	TAULUKKO 1. Paneelien etäisyydet toisistaan eri auringon säteilykulmalla	22
	TAULUKKO 2. Keskimääräisen vuoden aurinkosähkön tuotannon laskenta	27
	TAULUKKO 3. Aurinkosähkön jakautuminen osakeomistusten kesken	31
	 KUVALUETTELO	
	KUVA 1. Auringon säteilyn laskettu voimakkuus Varkaudessa tasauspäivien aikana (Savonia 2022)	9
	KUVA 2. Verkkoon kytketty aurinkosähkön nimellisteho Suomessa (IRENA 2021)	11
	KUVA 3. Verkkoon kytketty aurinkosähkön nimellisteho maailmalla (IRENA 2021)	11
	KUVA 4. Hiilidioksidivapaan sähkön osuus jo 87 prosenttia (Energiateollisuus 2022).....	12
	KUVA 5. Verkkoon kytketyn aurinkosähkijärjestelmän kokoonpano (Motiva 2021)	13
	KUVA 6. Pn-liitoksen perustuvan aurinkokennon toiminta (Motiva 2021).....	14
	KUVA 7. KOy Otonkulman länsi pääty asennuskulmineen (Nyström 2021, CC BY-NC-ND)	19
	KUVA 8. Asennusalueiden pinta-alat (Nyström 2021, CC BY-NC-ND).....	20
	KUVA 9. Paneelien asennusetäisyyden määrittäminen (Nyström 2021, CC BY-NC-ND)	21

KUVA 10. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin (Tilastokeskus 2022)	24
KUVA 11. Kulutuksen ja tuotannon kohtaaminen (Nyström 2022, CC BY-NC-ND)	26
KUVA 12. Säteilyn ja tuotannon määrä optimikulmalla (Photovoltaic Geographical Information System 2019)	28
KUVA 13. Kuinka kiinnostunut olisit aurinkosähkövoimalan hankinnasta taloyhtiösi	33

KÄSITTEET

Atsimuuttikulma

Atsimuutti on kohteen kulmaetäisyys mitattuna myötöpäivään etelämeridiaanista pitkin horisonttia. Se ilmoittaa siten ilmansuunnan, jossa kohde näkyy. Etelän atsimuutti on siten 0 astetta, lännen 90 astetta, pohjoisen 180 astetta ja idän 270 astetta (tai -90 astetta). (Ursa, 2022)

Aurinkopaneelin hyötysuhde

Kertoo kuinka monta prosenttia paneeli muuttaa sen pinnalle saapuvasta säteilystä sähköksi, kun auringon säteily paneelin pinnalle on $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$ ja paneelin lämpötila $25\ ^\circ\text{C}$. Lasketaan jakamalla paneelin nimellisteho paneelin pinta-alalla.

Netotus

Menetelmä, jolla yleisesti taseselvitysjakson sisällä lasketaan sähkön myynti ja osto yhteen ennen laskutusta. Jos kuluttaja taseselvitysjakson ensimmäisen puolikkaan aikana myy verkkoon 1 kWh sähköä ja toisen puolikkaan aikaan ostaa 1 kWh sähköä ei hänelle aiheudu tästä kuluja eikä tuloja. Ilman netotusta asiakas olisi saanut myyntituloja 0,04 € ja maksanut ostosähköstä siirtoineen noin 0,13 €, jolloin kokonaiskustannus olisi ollut 0,09 € huolimatta siitä, että kulutus ja myynti olivat samansuuruisia jakson sisällä.

Nimellisteho

Paneelin standardiolosuhteissa antama teho watteina, kun paneelin kohdistuu $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$ säteily ja paneelin lämpötila on $25\ ^\circ\text{C}$.

Taseselvitysjakso

Aikajakso, jonka sisällä tapahtuvaa sähkön ostoa ja myyntiä mitataan. Jakson pituus on tällä hetkellä tunnin mittainen. Vuoden 2023 alusta tullaan siirtymään 15 minuutin mittaiseen jaksoon.

Wattipiikki (Wp)

Suure, jolla kuvataan paneelien tehoa standardiolosuhteissa, jolloin auringonsäteilyä paneelille kohdistuu $1\ 000\ \text{W}/\text{m}^2$ lämpötilan ollessa $25\ ^\circ\text{C}$. Tällöin esimerkiksi 100 Wp paneeli tuottaa tehoa 100W.

1 JOHDANTO

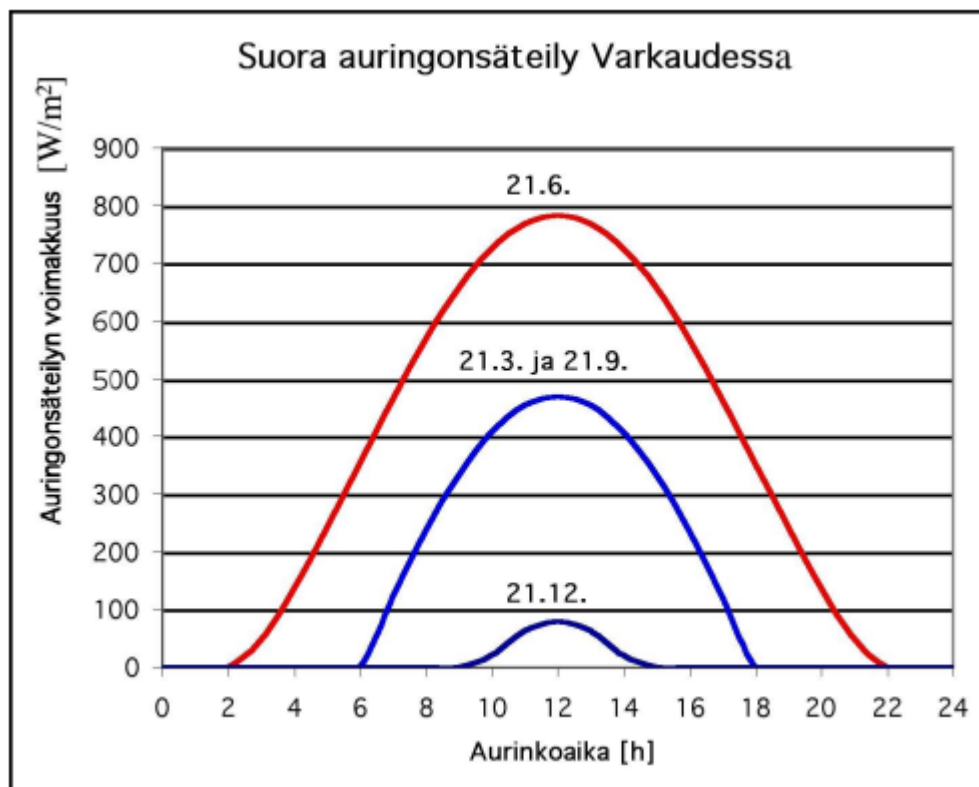
Vuoden 2021 alusta muutos asetukseen valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta mahdollistaa taloyhtiöiden sisäisten energiayhteisöjen muodostamisen. Tämä mahdollistaa taloyhtiössä tuotetun aurinkosähkön ylijäämäosuuden jakamisen taloyhtiön osakkaiden huoneistojen käyttöön. Jakamisen mahdollistaa hyvityslaskenta. Laskentaa voivat toteuttaa energiayhtiöt vuoden 2021 alusta. Kaikkien saataville hyvityslaskenta tulee Fingridin ylläpitämästä Datahubista vuoden 2023 alusta. Aikaisemmin ylijäämäosajärjestelmän jakaminen osakkaille ei ole ollut lakiteknisistä syistä taloudellisesti kannattavaa. Hiilineutraaliuteen pyrkiminen ja lisääntyneen tuotannon myötä halventuneet aurinkosähköjärjestelmät ovat kiihdyttäneet aurinkosähköinvestointeja. Tämän takia vuoden 2010 ja 2019 välillä järjestelmien hinnat maailmanlaajuisesti ovat pudonneet 82 %.

Työssä mitoitetaan aurinkosähköjärjestelmä KOy Otonkulman käyttöön. Tavoitteena on saada tieto oikean kokoisesta järjestelmästä niin, että mahdollisimman suuri osa kiinteistön pohjakuormasta kesa-aikaan katetaan aurinkosähköllä eikä sähköä myytäisi verkkoon. Lisäksi käsitellään ylijäämäosajärjestelmän asukkaille jakamiseen käytettävää hyvityslaskentamallia, sen voimaan tuloa ja ylijäämäosajärjestelmän jakotapaa. Osakkaille toteutetaan lisäksi kysely, jolla selvitetään yleistä kiinnostusta ja ajatuksia aurinkosähköä kohtaan. Työn tuloksena taloyhtiö saa käsityksen aurinkosähkön potentiaalista sekä osakkaiden ajatuksista aurinkosähkön hyödyntämiseen liittyen. Työn toimeksiantajana toimi KOy Otonkulma, jonka käyttöön mitoitus ja kyselytutkimus tehdään.

2 AURINKOSÄHKÖ

2.1 Auringon säteily

Auringon säteilyn voimakkuus ilmakehän yläosassa on $1\,368\text{ W/m}^2$. Tästä säteilystä ilmakehän läpi ja kohtisuoraan maan pinnalle pääsee kirkaalla säällä noin $800\text{--}1\,000\text{ W/m}^2$. Säteilyn määrä tason pinnalle riippuu auringon korkeudesta eli säteiden ja tason välisestä kulmasta. Esimerkiksi Varkaudessa säteily on suurimmillaan kesäpäivän tasauksen aikana, jolloin auringon säteily on voimakkuudeltaan noin 800 W/m^2 auringon korkeuden ollessa hieman yli 50 astetta. (Savonia 2022.)



KUVA 1. Auringon säteilyn laskettu voimakkuus Varkaudessa tasauspäivien aikana (Savonia 2022)

2.2 Kennojen kehitys

Ensimmäinen sähkövirtaa tuottava piipohjainen aurinkokenno kehitettiin vuonna 1954 kolmen tutkijan toimesta, jotka olivat Daryl Chapin, Gerald Person ja Calvin Fuller. Kennon hyötysuhteeksi saatiin 6% . Aurinkokennoja käytettiin myös ensimmäistä kertaa Vanguard 1 satelliitissa paneelin tehon ollessa noin 1 W . (Chodos 2009.)

Tutkimuslaitokset jatkoivat pii pohjaisen kiteen kehittämistä, ja Sharp niminen yhtiö aloitti ensimmäisenä kennojen massatuotannon vuonna 1963. Näin kennot tulivat myös muiden kuin avaruusteknologian käyttöön. (Sharp 2022.)

Vuoden 1973 öljykriisin aikaan aurinkokenno tutkimukset keräsivät investointeja. Tohtori Elliot Berman Exxon yhtiön rahoittamana kehitti edullista aurinkokennoa. Tutkimuksissa Berman huomasi, että monikiteinen kenno oli halvempi kuin yksikiteinen mutta hyötysuhde heikkeni. Watti kohtainen hinta saatiin alennettua $100\text{ \$}$:sta $20\text{ \$/W}$. (Pickerel 2018.)

Vuosien 1957 ja 1960 välillä yritys nimeltä Hoffman Electronics sai hyötysuhteen nostettua 14 % asti. Etelä-Walesin yliopisto vuonna 1985 teki uuden ennätyksen piikennojen 20 % hyötysuhteella. 1999 National Renewable Energy Laboratory yhdessä Spectrolabin kanssa saavutti kennoillaan 33 % hyötysuhteen, kunnes vuonna 2016 Etelä-Walesin yliopisto rikkoi ennätyksen 34,5 % hyötysuhteen kennolla. Vuodesta 1980 aurinkosähkön hinta on tippunut noin 10 % vuodessa vuoteen 2018 mennessä. (Richardson 2018.)

Edellä mainitut hyötysuhteet ovat laboratorio-olosuhteissa sekä tekniikoilla, jollaisia ei ole tarjota kuluttajamarkkinoilla. Kuluttajille saatavilla olevien paneelien hyötysuhteet ovat tällä hetkellä hieman yli 20 %. Tämän hetken tehokkain paneeli Clean Energy Reviews sivuston tekemän vertailun mukaan on Sunpowerin Maxeon 3 jonka hyötysuhde on 22,6 % (Clean Energy Reviews 2022).

2.3 Hintakehitys ja kiinnostus aurinkosähköä kohtaan

Kun järjestelmien hinnat tippuvat, paranee aurinkosähkön hyödyntämisen kannattavuus samalla. Tämän vuoksi pienemmällä investoinnilla saadaan hankittua enemmän wattipiikkejä (Wp) sekä tuotettua aurinkosähköä (kWh).

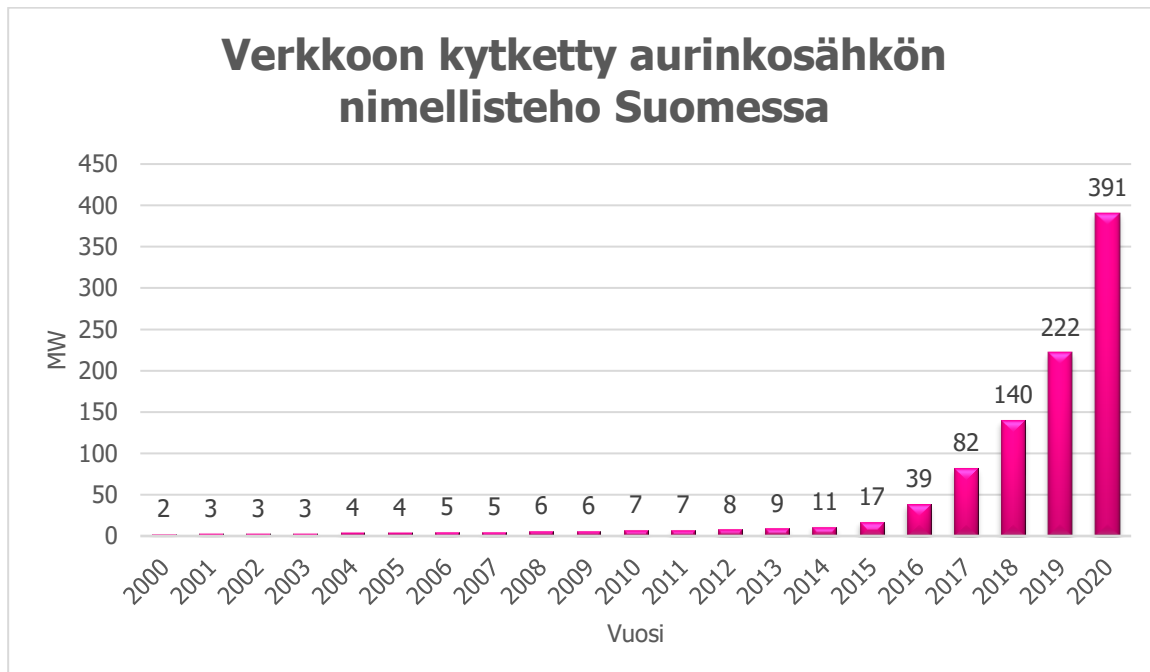
International Renewable Energy Agency'n tutkimusraportin mukaan aurinkosähköjärjestelmien kokonaiskustannukset ovat vuosi vuodelta tulleet alaspäin. 90 % koko hinnan muutoksesta johtuu paneelien hinnan madaltumisesta. Vuodesta 2009 vuoteen 2020 paneelien hankintahinnat ovat globaalisti tippuneet 93 %. Asennetun järjestelmän maailmanlaajuinen painotettu keskikustannus vuonna 2020 oli 883 USD/kWh. Halvin hinta asennetulle kilowattipiikille oli Intiassa 596 USD/kWh. (IRENA 2020.)

Fortumin vuonna 2017 tekemän kyselyn mukaan suomalaisista myönteisesti aurinkopaneeleihin suhtautuu 80 %. Kielteisen kannan otti vain 17 % vastaajista. Myös 60 % vastaajista olisivat valmiit maksamaan enemmän aurinkopaneeleilla varustetusta asunnosta. Aurinkopaneeleiden ostamista oli harkinnut 28 % vastaajista. Useimmiten harkintaa tehneet olivat 30–44-vuotiaita miehiä, suurituloisia talouksia sekä pari- tai omakotitalossa asuvia. (Fortum 2017.)

Kyselyn perusteella voidaan siis todeta, että yleistä kiinnostusta aurinkosähköä kohtaan löytyy. Hankintapäätöksen teko johtuukin mitä todennäköisemmin epätietoisuudesta kannattavuutta kohtaan sekä muista yksittäisistä tekijöistä.

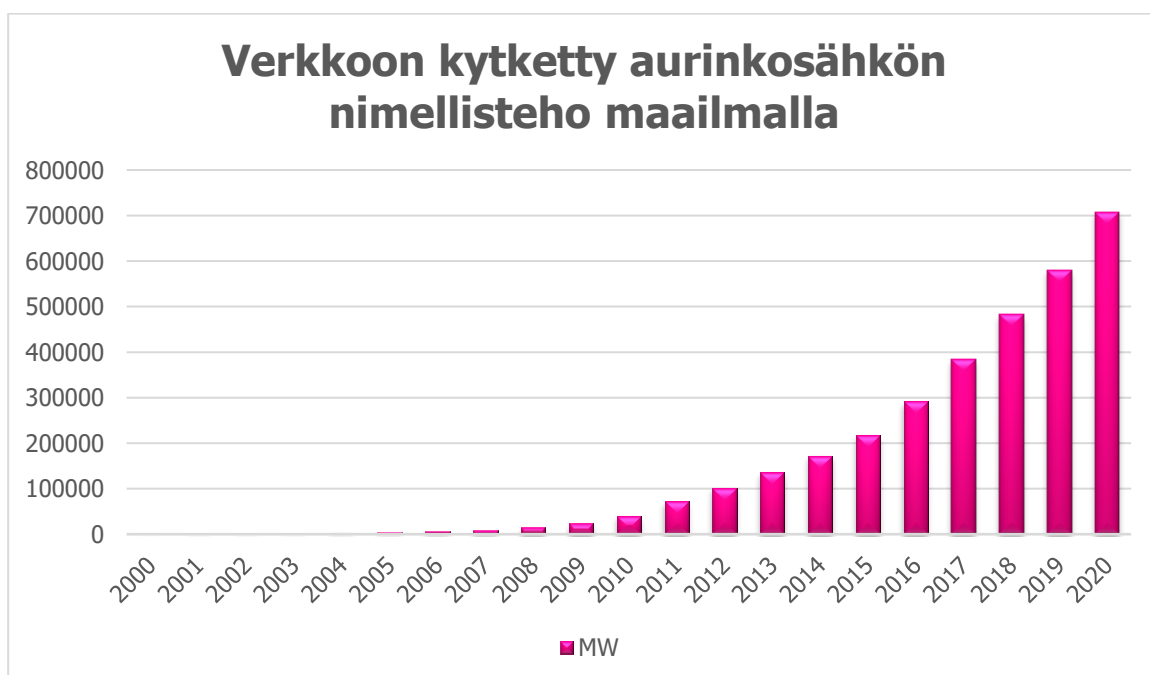
2.4 Asennettu aurinkosähkökapasiteetti

International Renewable Energy Agency:n tietokantaan on kerätty dataa asennetuista energiamuodoista jo vuodesta 2000. Aurinkosähkön kapasiteetti on lisääntynyt Suomessa merkittävästi vuodesta 2014. Alla oleva kuva 2 näyttää verkkoon kytketyn nimellistehokapasiteetin kehittymisen vuosien 2000 ja 2020 välillä.



KUVA 2. Verkkoon kytketty aurinkosähkön nimellisteho Suomessa (IRENA 2021)

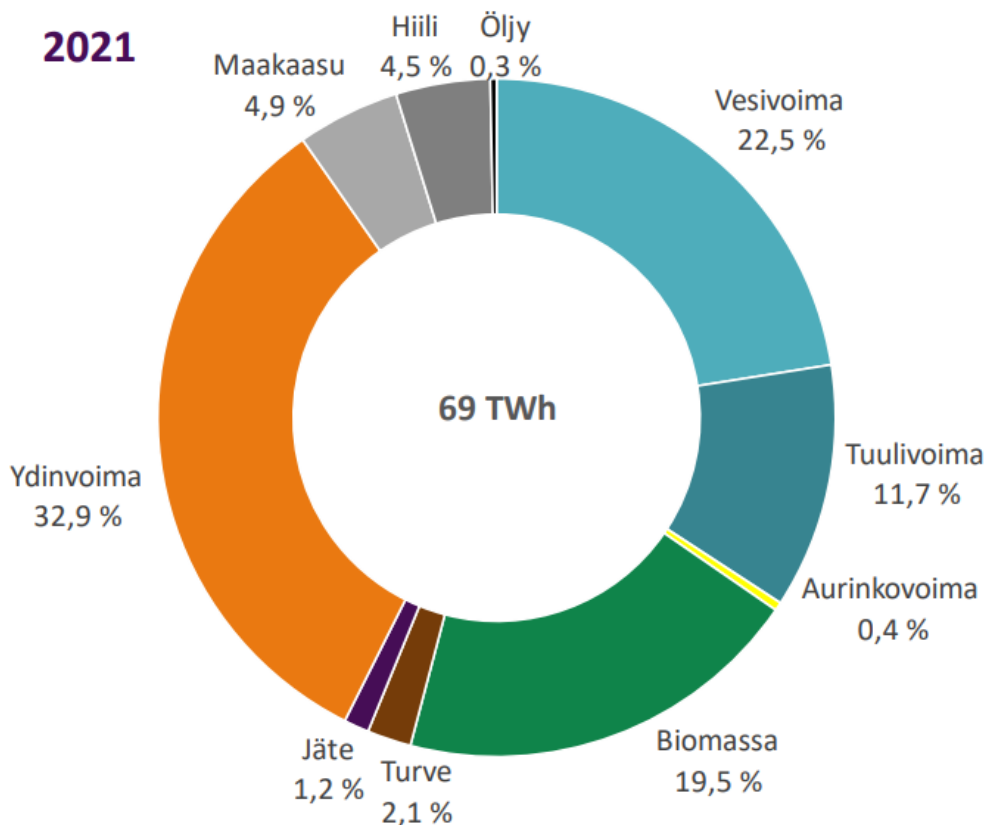
Kuvasta 3 on havaittavissa, että myös maailmanlaajuisesti aurinkosähkön yleistymisen on ollut huomattavaa, muttei kuitenkaan niin voimakasta, kuin Suomessa on viime vuosina nähty.



KUVA 3. Verkkoon kytketty aurinkosähkön nimellisteho maailmalla (IRENA 2021)

2.5 Aurinkosähkön osuus sähkön tuotannosta

Alla olevasta Energiateollisuuden kuvasta 4 nähdään, että Suomessa aurinkovoiman osuus sähkön tuotannossa on tällä hetkellä vain 0,4 % sähköntuotannosta. Kuitenkin uusiutuvaa energiamuotoa sähkön tuotannosta on jo 54 %, johon kuuluu vesivoima, tuulivoima, aurinkovoima ja biomassa. Hiilidioksidineutraalia sähkön tuotantoa on 87 %, joka koostuu vesi-, tuuli-, aurinko- ja ydinvoimasta sekä biomassasta.



KUVA 4. Hiilidioksidivapaan sähkön osuus jo 87 prosenttia (Energiateollisuus 2022)

2.6 Invertteri

Aurinkopaneelit tuottavat tasajännitettä. Invertterin tehtävänä on muuntaa tasajännite kiinteistön käyttämään vaihtojännitteeseen. Kuvassa 5 on kuvattu perinteinen aurinkosähköjärjestelmän ja kiinteistön kytkentä. Invertterit ovat 1- tai 3-vaiheisia. 1-vaiheisia inverttereitä käytetään pienissä alle 3 kWp järjestelmissä. 1-vaiheisia yleisempiä ovat 3-vaiheiset invertterit. Niiden etuna on, että aurinkosähkö voidaan syöttää jokaiseen 3 vaiheeseen tasaisesti. Tällöin sähkön hyödyntämispotentiaali riippuu siitä, kuinka tasaisesti sähkölaitteet ovat kytkettyinä eri vaiheisiin. Jos vaiheessa ei tuotannon hetkellä ole kulutusta, menee sähköenergia verkkoon myyntiin. Tämä ei kuluttajan kannalta ole kuitenkaan kannattavaa koska verkkoon myydyin energian vaikutus takaisinmaksuaikaan ei ole yhtä suuri kuin energia tuotettuna omaan käyttöön. (Motiva 2021.)



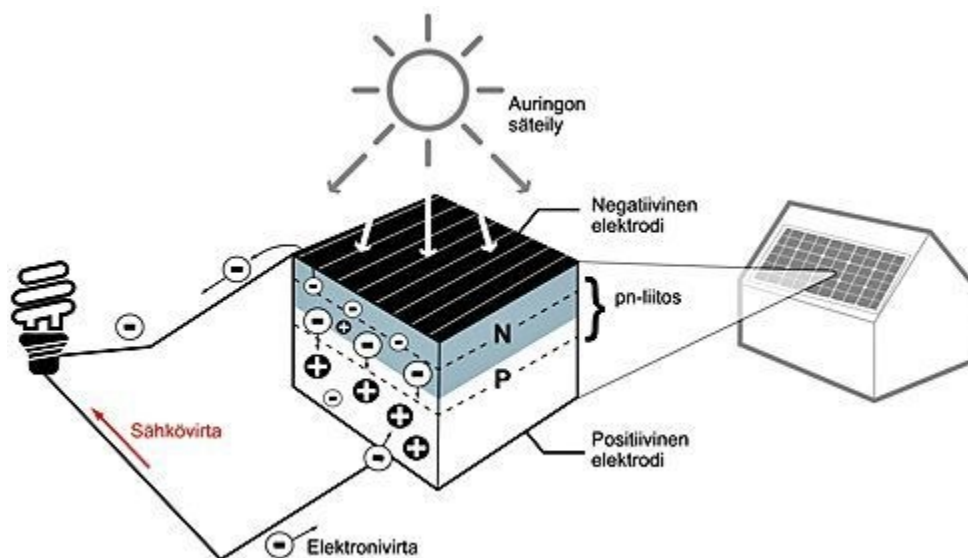
KUVA 5. Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän kokoonpano (Motiva 2021)

Invertterin tehtävänä on muuntaa paneelien tasajännite kiinteistöön sopivaksi vaihtojännitteeksi. Tilanteessa, jossa tuotantoa jollakin vaiheella on enemmän kuin kulutusta, invertteri syöttää energian sähköverkkoon. Vuoden 2021 alusta voimaan tullut lakimuutos (Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 12.8.2021/767, 1 §) edellyttää että 1.1.2023 lähtien käytössä on vaihenetotus. Tällöin voidaan verkkoon syötetyn ja kiinteistössä kulutetun sähköenergian erotus laskea kokonaisuutena ilman että tarkasteltaisiin yksittäisiä vaiheita. Vaihenetotusta tarkastellaan tasejakson sisällä, joka vuoden 2023 alusta on 15 minuuttia. Mikäli netotusta ei olisi käytössä voisi käydä niin että kuluttaja ostaa yhdelle vaiheelle sähköä, joka sisältää energian, siirron sekä veron. Samaan aikaan toisesta vaiheesta myytäisiin verkkoon pelkän sähköenergian hinnalla. Vaikka järjestelmä vaiheet yhteenlaskettuna tuottaisi enemmän energiaa kuin kiinteistö kuluttaisi, syntyisi siitä huolimatta kuluja sähkön ostosta.

Invertteri kytketään kiinteistön sähkökeskukseen. Kytkennän välissä tulee olla jokaiselle vaiheelle oma johdonsuoja kytkin, eli tuttavallisemmin sulake. Mikäli keskuksessa ei ole valmiita vapaita johdonsuojia, voidaan nämä lisätä keskukseseen jälkeinpäin. Lisäksi invertterin ja keskuksen väliseen kaapeliin tulee asentaa manuaalinen erotuskytkin, jolla invertteri voidaan erottaa sähköverkosta. Kytkimen tarkoituksena on erottaa aurinkosähköjärjestelmä kiinteistöstä esimerkiksi keskuksen tai muiden sähkölaitteiden huoltotöiden ajaksi. (Helen 2022.)

2.7 Paneelit

Suurin osa markkinoilla olevien aurinkopaneelien kennoista valmistetaan piistä yksi- ja monikiteisinä. Kun fotoneista koostuva auringon säteily osuu puolijohdemateriaaliin se vapauttaa puolijohhteessa elektroneja. Pii- sekä ohutkalvokennot muodostetaan p- sekä n-tyyppin puolijohdemateriaaleista. Alla olevassa kuvassa 6 on havainnollistettu pn-liitoksella toimiva aurinkokennon toiminta.



KUVA 6. Pn-liitoksen perustuvan aurinkokennon toiminta (Motiva 2021)

Puolijohteet johtavat siis sähköä. N-tyyppin puolijohteisiin on sekoitettu alkuainetta, joka sisältää enemmän elektroneja kuin puolijohteen muut materiaalit. Aineena voidaan käyttää esimerkiksi arseenia. P-tyyppin puolijohteessa on alkuainetta, joka taas sisältää vähemmän elektroneja kuten esimerkiksi boori. Kun n- ja p-tyyppin puolijohteet asetetaan vierekkäin, n-puolelta ylimääräiset elektronit liikkuvat aukkoihin p-johteessa. Elektronien siirtyessä n-puolelta p-puolelle, p-tyyppiin muodostuu negatiivinen varaus ja n-tyyppiin positiivinen varaus. Elektronit siis kuljettavat negatiivista varausta jättäen aukon, joka taas vuorostaan toimii positiivisen varauksen kuljettajana. Näin ollen, kun vapaat elektronit ja aukot liikkuvat, syntyy sähköjohtavuus puolijohteessa. (Motiva 2021.)

Yksikiteinen kenno tehdään nimensä mukaisesti yhdestä kokonaisesta kiteestä. Sen tunnistaa kennon pyöreistä tai kulmikkaista nurkista ja yksivärisyydestä. Yksikiteisen kennon hyötysuhde on parempi ja käyttöikä pidempi koska kiderakenne on vakaampi. Lämpötilan vaikutukset ovat myös pienemmät yksikidekennossa. (Ralos 2020.)

Monikidekenno koostuu useista eri piikiteistä ja kenno näyttää rakeiselta. Monikidekennossa on hieman heikompi hyötysuhde mutta valmistus on edullisempaa yksikiteiseen verrattuna. Hajasäteilyn osalta monikidekennon hyötysuhde on yksikidekennoa parempi. Myös piikidehukkaa ei synny, kun rakeet kelpaavat kennon valmistamiseen. (Ralos 2020.)

Ohutkalvokennojen etu on integroitavuus muihin materiaaleihin, esteettisyys, edullinen hinta, valmistuksen ympäristöystävällisyys, parempi hajasäteilyn talteenottokyky sekä paremmat lämpöominaisuudet. Kalvon paksuus voi olla muutamasta nanometreistä kymmeneen mikrometreihin, kun perinteinen piikidekenno on 0,3 mm paksu. Ohuutensa takia kalvot ovat taipuisia, kevyitä ja joustavia. Huonona puolena on niiden heikompi hyötysuhde sekä tuoton pieneneminen läpinäkyvyyden kustannuksella. (Ralos 2020.)

Teho paneeleille ilmoitetaan tavallisesti piikkiwatteina. Piikkiwatti on teho, jonka paneeli tuottaa standardiolosuhteissa. Standardiolosuhteen (STC =Standard Test Conditions) kriteerit ovat (Motiva 2021):

- Paneeliin kohdistuva säteily määrä on 1000 W/m².
- Paneelissa olevien kennojen lämpötila on +25 °C.

Aurinkopaneelit koostuvat useista yksittäisistä kennoista. Kuluttajamarkkinoilla tämän hetken havaintojen mukaan paneelien hyötysuhteet ovat 20 % molemmin puolin ja paneelikohtaiset tehot 300–450 W. Paneelin teho riippuu pinta-alasta ja hyötysuhteesta. Paneelien hyötysuhde lasketaan kaavalla 1.

$$\eta = \frac{P_{max}}{E \cdot A_c} * 100 \quad (1)$$

missä P_{max} =Paneelien yhteenlaskettu nimellisteho

E =Säteilyn teho 1000 W/m² (STC)

A_c =Paneelien yhteenlaskettu pinta-ala m²

Esimerkkinä kaavalla 1 laskettuna 340 W tehoisen ja 1,7 m² kokoisen paneelin hyötysuhde on $340W / (1000W * 1,7 m^2) * 100 = 20 \%$

2.8 Poliittinen vaikutus

Suomi on sitoutunut Pariisin ilmastopöytäkirjaan osana Euroopan Unionia. EU:lla on tavoite olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä. Voimassa olevalla hallitusohjelmallaan Suomi itsenäisesti on sitoutunut olemaan hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteen savuttamiselle on asetettu useita verotuksellisia sekä energianlähteitä rajoittavia keinoja esimerkiksi kivihien ja turpeen käytön osalta. Taloyhtiöille otetaan myös käyttöön energia-avustusjärjestelmä, jonka tarkoituksena on parantaa ja tukea energiatehokkuuteen sekä joustavaan- ja älykkääseen energiankulutukseen ohjaavia toimenpiteitä. Avustusjärjestelmästä maksettu tuki määräytyy saavutetun energiatehokkuuden mukaan. (Valtioneuvosto 2019.)

Mikkelin kaupunki on ilmasto-ohjelmassaan sitoutunut hiilineutraalisuudessa kansallisten tavoitteiden mukaisesti. Kasvihuonekaasuja vähennetään 70 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2035 mennessä. Loput 30 % päästöistä on laskettu katettavaksi hiilinieluilla, joiden kapasiteetti metsäisellä Mikkelin kaupungilla on enemmän kuin päätetty 30 % tavoite. Päästöjen vähentäminen toteutetaan enim-

mäkseen liikenne- ja energia-alan tavoitteilla. Liikennepäästöjen määrä vähennetään puoleen, vuoteen 2030 mennessä vuoden 2005 tasosta ja lämmön- sekä sähköntuotannon osalta kasvihuonepäästöissä saavutetaan nollataso vuoteen 2030 mennessä. Muutamia toimenpiteitä tavoitteisiin pääsemiseksi ovat (Mikkelin Kaupunki 2021):

- Energiayhtiöiden uusiutuvaan energiaan siirtyminen
- Kaukolämpöverkoston laajentaminen mahdollisuuksien mukaan
- Kaupunki edistää energiateknologian kehittämistä ja pilotointia
- Katuvalaistus muutetaan ledeiksi valaistuksen uusimisen yhteydessä ja älykäs ohjaus otetaan käyttöön 2025 mennessä
- Aurinkopaneelien ja ilma-vesilämpöpumppujen käyttömahdollisuudet tutkitaan kaikissa rakennuskohteissa ja toteuttamiset päätetään tapauskohtaisesti
- Aurinkoenergian ja muiden vaihtoehtoisten energiantuotantotapojen käyttämistä lisätään kaukolämpöverkon ulkopuolisilla alueilla

3 KOHTEEN TIEDOT JA MITOITUKSESSA TARVITTAVAT LÄHTÖÄRVOT

3.1 Kohteen tiedot

Mitoituksen kohteena on KOy Otonkulma, joka sijaitsee Mikkelin keskustassa. Rakennuksessa on 3 maanpäällistä ja kellarikerros. Kellarikerroksessa sijaitsevat sauna- ja varastotilat sekä autohalli. Rakennuksen lämmönlähteenä on kaukolämpö. Rakennuksessa on kolme rappukäytävää, joissa jokaisessa oma hissi. Kohde on rakennettu vuonna 1940, jonka jälkeen peruskorjattu 2007. Kattopellitys on vaihdettu uuteen viimeksi 1985. Osa vesikatosta on pellitettyä harjakattoa ja osa huopakatteista tasakattoa.

3.2 Kulutustiedot

3.2.1 Taloyhtiön kulutus

Taloyhtiön yhteisien tilojen sähkönkulutustiedot saatiin isännöitsijältämme sähköpostin liitetiedostona. Tiedot hän latasi sähkön myyjän verkkopalvelusta sekä toimitti Excel-asiakirjana tunnin tarkkuudella kesä-, heinä- ja elokuun ajalta.

3.2.2 Taloyhtiön liiketilojen kulutus

Taloyhtiössä olevien liiketilojen kulutusta ei huomioida työssä. Mikäli järjestelmä mitoitettaisiin myös liiketilojen tarpeisiinsa ei siitä syntyisi tilojen omistajalle taloudellista hyötyä, koska järjestelmällä tuotettu ylijäämä sähkö meni tiloissa toimivan tahon eli vuokralaisen käytettäväksi. Sama koskee myös osakasta, joka vuokraa asuntoaan. Vuokranantajille syntyvä hyöty tulee ainoastaan siitä, että yhtiön sähköenergiaa korvataan itse tuotetulla sähköllä.

3.2.3 Asuntojen kulutustiedot

Kaikille asukkaille luotiin kirjelmä, jolla pyydettiin sähkönkulutustietoja viime vuoden kesäkuukausilta. Helpoiten sähkönkulutukset saa verkkoyhtiön kautta, joka Mikkelin keskustan alueella ja tässä tapauksessa on ESE-verkko. Tällöin ohjeistus on kaikille sama toisin kuin sähkönmyyjän palvelun kautta. Mikäli tunnuksia ei aikaisemmin ole luotuna, käyttäjä joutuu vahvan tunnustautumisen avulla luomaan käyttäjätunnukset palveluun. Ei voitu olettaa, että kaikki asukkaat osaisivat nämä itsenäisesti luoda, joten päädyttiin tekemään yksityiskohtaiset ohjeet (liite 1) sivuille tunnusten luomisesta ja kirjautumisesta tietojen lataamiseen saakka. Lukemien toimitus ohjeistettiin sähköpostitse viikon kuluessa tiedonannosta. Huoneistoja, joissa asutaan päätoimisesti, on yhteensä 19 kpl.

3.2.4 Tietopyynnön toteutuminen

Kulutustiedot määräaikaan mennessä toimitti vain 2 asuntoa 19:sta. 1kpl 4 h ja 1kpl 3 h. Jatkotoimenpiteenä tein alaoviin toisen pyynnön lukemien toimittamisesta. Lisäpyynnön myötä saatiin luekat lisäksi yhdestä kolmiosta. Kokonaisuudessaan lukemat toimitti yhteensä 3 asuntoa. 1kpl 4 h ja 2kpl 3 h. Lisäksi käytössä oli oman yksioni kulutustiedot. Yksikään kaksio ei toimittanut sähkönkulutustietoja.

3.2.5 Kulutusprofiilin luominen

Saadut tulokset koottiin Excel-taulukkoon. Kunkin huoneistokoon lukemat jaettiin omiin taulukoihin ja näiden kesken laskettiin huoneistokoolle keskiarvo. Kaksion osalta kulutuksen arvioimiseen käytettiin Fortumin (2019) sivuilla olevaa tietoa, jonka mukaan yhden hengen kerrostaloasunnossa kuluu sähköä 1400 kWh ja kahden hengen asunnossa 2000 kWh. Tällä tavalla laskettuna yhden henkilön lisääminen talouteen kasvattaa sähkön kulutusta 42,86 %. Saadakseni kaksion kulutuksen otin yksión kulutustiedot ja lisäsin näihin edellä mainitun prosentuaalisen määrän.

Neliön kulutustiedot puuttuivat ajalta 19.8–22.8 sekä 26.8–27.8. Näille päiville kulutustiedot korvattiin edellisen viikon samoilta viikonpäiviltä 12.8–15.8.

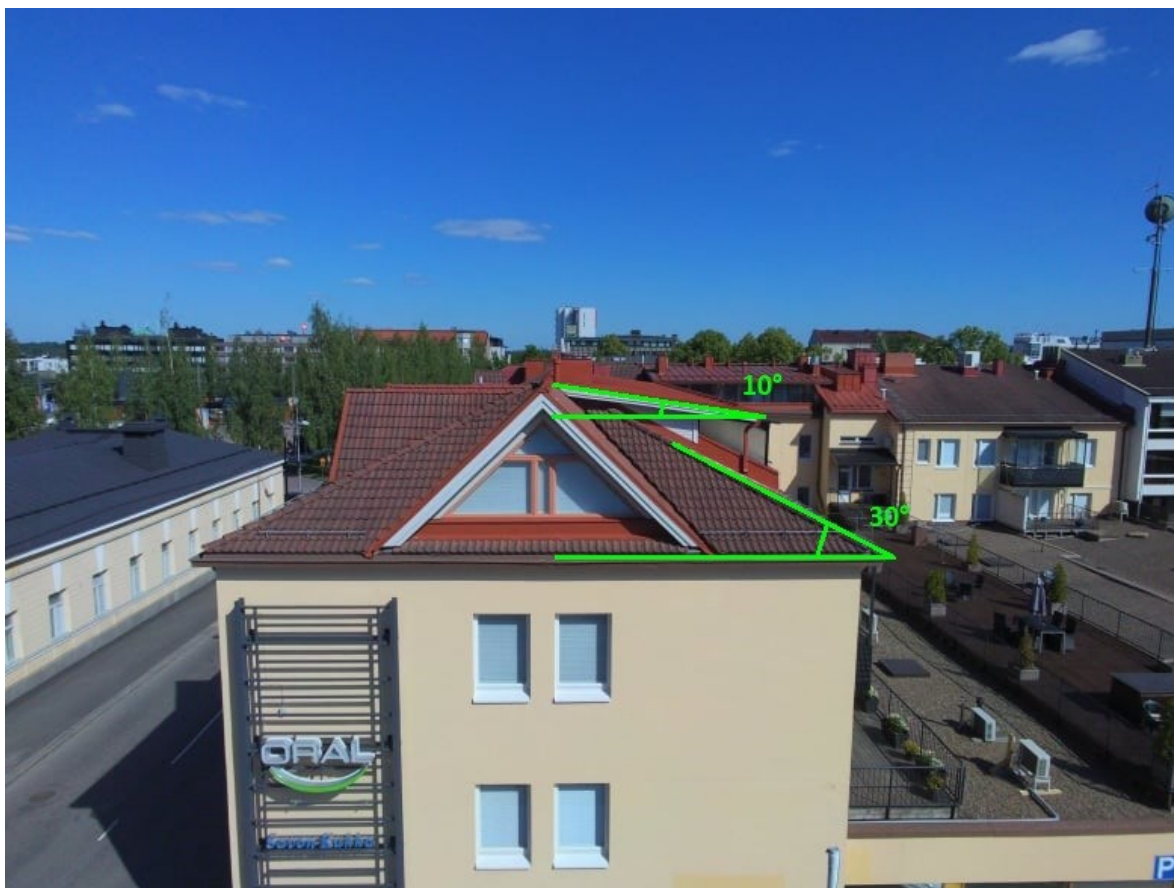
Kun jokaisen asuinhuoneiston huoneistokoolle oli saatu kulutuskeskiarvo, kerrottiin ne kyseisten huoneistokokojen taloyhtiössä olevalla lukumäärällä. Pois laskennasta jätettiin liiketilat, joita ovat A1, A2, B10, B11 ja B12. Kun jokaisen asuinhuoneiston yhteen lasketut kulutusmäärät oli saatu, laskettiin ne yhteen taloyhtiön kulutuksen kanssa. Tuloksena saatiin koko taloyhtiön mitoituksessa käytettävä kulutus.

3.3 Asennuskulmien ja pinta-alan määrittäminen

Rakennuksen harjakatolla on hieman etelästä länteen päin suuntautuvaa kattopinta-alaa sekä lisäksi yhden liikehuoneiston tasakatolla olemassa olevan terassin vierellä on tilaa. Rakennuksen suuren koon vuoksi lähdettiin siitä ajatuksesta liikkeelle, että kaikki käytettävissä oleva tila kartoitetaan ja tehdään mitoitus koko alalle. Mikäli täydellä mitoituksella syntyisi myytävää ylituottoa, pienennetään paneelikentän pinta-alaa. Katolle menemisen välttämiseksi päätettiin arvioida käytettävissä oleva pinta-ala lennokilla otetun kuvan 8 perusteella.

3.3.1 Harjakatto

Kiinteistöstä otettiin kuvia miehittämättömällä lennokilla. Oletetaan että lennokin ottama kuva on vaakasuorassa sisäisen gyroskoopin ansiosta vaikei kulmaa kuvaan tallennukaan. Rakennuksen päädyistä otetusta kuvasta (kuva 7) mitattiin kulmaviivaimella asennukseen käytettävissä olevien tasojen asennuskulmat. Ylemmän asennusalustan kaltevuudeksi mitattiin 10° ja alemman 30°.



KUVA 7. KOy Otonkulman länsi pääty asennuskulmineen (Nyström 2021, CC BY-NC-ND)

Pinta-alan määrittämistä varten otettiin kuva (kuva 8) suoraan rakennuksen yläpuolelta. Terrassin leveydeksi mitattiin 5,7 metriä. Tämän arvon mukaan määriteltiin mittakaava ilmakuvalle, jossa 1 cm kuvassa vastasi 4,38 m luonnossa tietokoneen näytöltä mitattuna. Mittasuhte on tällöin 1:4,38.

Potentiaaliset asennusalustat ovat etelään päin olevilla kattotasooilla sekä tasakatolla osuudella. Harjakatolla käytettäväksi kattopinta-alaksi saatiin yhteensä 128,8 m² ja tasakatolla käytettävissä oleva alue on 7,3 m x 12,3 m. Katetun terrassin katolla 10 asteen asennuskulman vapaa tila pystysuunnassa on 3,6 metriä ja sivusuunnassa 16 metriä. Käytetään esimerkki paneelina 1,7 m korkea ja 1 m leveää, joka vastaa yleistä markkinoilla olevaa paneelikokoa. Tämän kokoisena saadaan paneeleita tilaan asennettua yhteensä 32 kpl. Jyrkemmälle 30 asteen kallistus osuudelle kuvan 8 alempaan 2,7 m x 13,7 m tilaan alin rivi sijoitetaan pystysuuntaiseksi ja toinen ylemmäksi tuleva vaakaan. Näin yhteiskorkeudeksi jää 2,7 m. Vierekkäin 13,7 m matkalle pystyyn asennettavia paneeleja saadaan 13 kpl ja vaakapaneeleja 8 kpl yhteensä 21kpl. Ylempään 8,0 m x 4,1 m tilaan saadaan yhteensä 16 paneelia 2 päällekkäin ja 8 vaakaan.

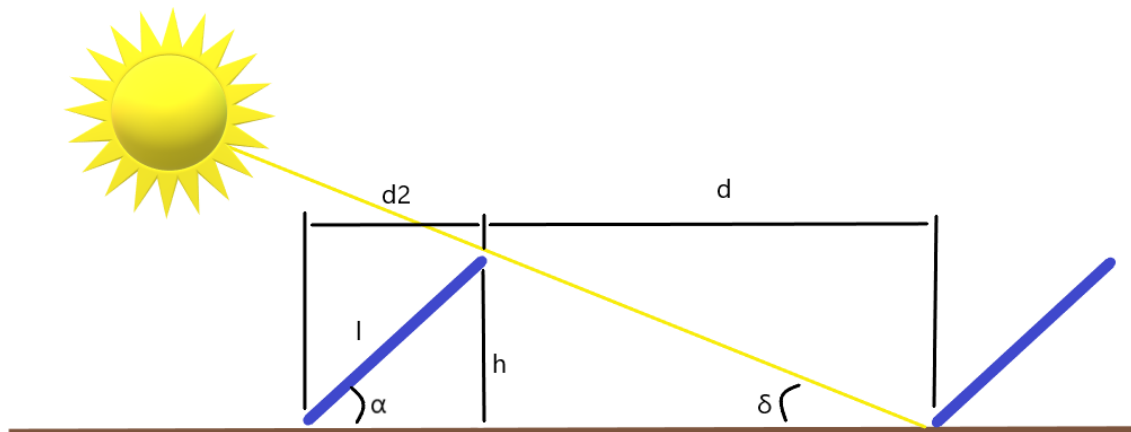


KUVA 8. Asennusalueiden pinta-alat (Nyström 2021, CC BY-NC-ND)

Yhteenvetona 10 asteen kallistuskulman tilaan saadaan paneeleja 32 kpl yhteisaltaan 54,4 m². 30 asteen alueelle 37 kpl yhteisaltaan 62,9 m².

3.3.2 Tasakatto

Tasakaton osuudelle paneeleja ei voida asentaa vaakasuoraan. Vaakasuorassa asennuksessa paneelit keräävät enemmän likaa sekä myös lumen sulaminen ja tuoton alkaminen keväällä viivästyvät. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi paneelit asennetaan telineisiin, joilla myös asennuskulmaa voidaan säätää. PVGIS-työkalulla testattiin eri asennuskulmien vaikutusta tuotantoon. Huomattiin että kun paneeli asennetaan 45 asteen kulmaan saavutetaan suurin vuosituotanto. Samalla havaittiin, että aurinkosähkön tuotanto on vähäistä tammi, helmi, loka, marras- ja joulukuussa, joiden aikana aurinko ei nouse yli 20 astetta horisontin yläpuolelle. Tehdään tasakaton suunnitelma 45 asteen asennuskulmalla. Telineasennuksessa on huomioitava paneelien asennusjärjestys (kuva 9), etteivät paneelit varjosta toisiaan. Yhdenkin paneelin varjostuminen vaikuttaisi sähköntuotantoon negatiivisesti koko saman kytketyn piirin osalta.



KUVA 9. Paneelien asennusetäisyyden määrittäminen (Nyström 2021, CC BY-NC-ND)

Asennusvälin laskemiseksi tuli määrittää auringon kulma, jolla etäisyys lasketaan. Auringon korkeutta tarkasteltiin Oregonin yliopiston tekemällä vapaasti käytettävällä työkalulla (University of Oregon 2015). Huomattiin että aikaisemmin mainittujen talvikuukausien heikkoa tuottoa yhdistää se, ettei aurinko keskipäivälläkään nouse yli 20 asteen. Päätettiin laskea paneelirivien etäisyys 20 asteen auringon kulmalla sekä pysty- ja kylkiasennuksena. Useimmat paneelit markkinoilla ovat noin 1,70 m pitkiä ja 1,0 m leveitä, joiden mittoja käytettiin myös lähtöarvoina. Jos paneelit käännetään kyljelleen, saadaan korkeutta pienemmäksi, ja näin taempana oleva rivi voidaan sijoittaa lähemmäksi. Tällöin kuitenkin vierekkäin sijoitettavien paneelien määrä pienenee paneelin sivun ollessa pidempi.

$$d = \frac{\sin(\alpha)l}{\tan(\delta)} \quad (2)$$

missä $\sin(\alpha)$ = paneelin asennuskulma asteina

l = paneelin pituus metreinä

$\tan(\delta)$ = auringon kulma asteina

Alla olevissa taulukoissa on laskettu kaavalla 2 paneelien välinen etäisyys d , kun aurinko on 20 asteen kulmassa ja paneelit asennetaan 45 asteen kulmaan.

TAULUKKO 1. Paneelien etäisyydet toisistaan eri auringon säteilykulmalla

Paneelin pituus kyljellään l	1	m
	δ°	
α°	20	
45	1,94	m

Paneelin pituus pystyssä l	1,7	m
	δ°	
α°	20	
45	3,30	m

Lisäksi tarvitaan paneelin kannan mitta d_2 , joka saadaan laskettua kaavalla 2. Paneelin asennuskulman ollessa 45° , kyljellään olevan paneelin kannan mitaksi saadaan 0,71 m. Pystyssä olevan paneelin kannan mitta on 1,20 m.

$$d_2 = \cos(\alpha) * l \quad (3)$$

missä $\cos(\alpha)$ = paneelin asennuskulma asteina

l = paneelin pituus asteina

Tuloksista havaitaan, että laskennassa käytetyllä 20 asteen auringon kulmalla vaaka-asentoon asennettaessa saadaan kolme seitsemän paneelin riviä kokonaispinta-alan ollessa $35,7 \text{ m}^2$. Pystyasentoon asennettaessa paneeleja saadaan kaksi kahdentoista paneelin riviä kokonaispinta-alan ollessa $40,8 \text{ m}^2$. Maksimaalisen pinta-alan takia paneelit valitaan asennettavan pystyyn.

3.4 Säteilytietojen hankinta

Euroopan komission ylläpitämän PVGIS-työkalun avulla haettiin auringonsäteilyn tehotiedot W/m^2 mitoituksen ajankohdalle. (European commission 2020) Käsiteltävän tietomäärän pienentämiseksi palvelusta noudettiin tiedot jokaisen kuukauden keskiarvoisen päivän säteilymäärästä maan pinnalle tunnin tarkkuudella (Average daily irradiance data). Tuloksissa työkalu huomioi säteilyt vuosien 2005 ja 2016 ajalta, joista keskiarvo on koostettu. Säteilytietojen määrittämisessä palvelu tarvitsee kohteen sijainnin, paneelien asennuskulman sekä atsimuuttikulman. Kohteen koordinaatit ovat 61.69 pohjoista leveyttä (latitude) ja 27.27 itäistä pituutta (longitude). Paneelien asennuskulmat 10, 30 ja 45 astetta. Atsimuuttikulma määritettiin kompassilla sen ollessa 15 astetta. Järjestelmä antaa tiedot csv-tiedostona. Harjakaton 10 ja 30 asteen asennuskulmille haettiin kummallekin omat säteilyarvonsa. Tasakaton osalta säteilyarvot noudettiin kappaleessa 5.2.2 määritellyn 45 asteen asennuskulman mukaan. Noudettuja kuukauden keskimääräisen päivän säteilyarvoja käytettiin koko kuukauden arvoina.

3.5 Mitoituksessa käytettävän järjestelmän tiedot

Aurinkosähkökotiin.fi on suomalainen sivusto, jonne paikalliset yritykset voivat tehdä sivustolla annetun esimerkkikohteen perusteella kaikille näkyvän tarjouksen. Palvelussa olevien noin 20 kW järjestelmien kohteena on 3 kerroksinen tasakattoinen kerrostalo. Tarvikkeita ei voida kantaa katolle vaan ne on nostettava erillisellä nostimella. Aurinkopaneelit asennetaan telineille vesikattoa vahingoittamatta. Paneelit kaapeloidaan rakennuksen ulkoseinällä ja kaapelointi putkitetaan seinälle 15 metrin matkalle. Läpivihti onnistuu seinästä suoraan sähköpääkeskuksen viereen, jonne invertteri asennetaan. Keskuksessa on vapaat sulakepaikat invertterin kytkemiselle sähköjärjestelmään.

Otonkulman kiinteistö ei ole suoraan verrannollinen edellä mainittuun esimerkkikohteeseen. Esimerkkikohteesta poiketen osa paneeleista sijaitsee harjakatolla sekä sähköpääkeskus kellarissa, johon ei ulkoseinää pitkin ole suoraan pääsyä. Näin ollen asennustyö osalle paneeleja on erilainen sekä kaapelointimatka useamman läpiviennin ja pidemmän matkan päässä. Myöskään keskuksessa olevista vapaista sulakepaikoista saatikka keskuksen kapasiteetin riittävydestä ei ole tietoa.

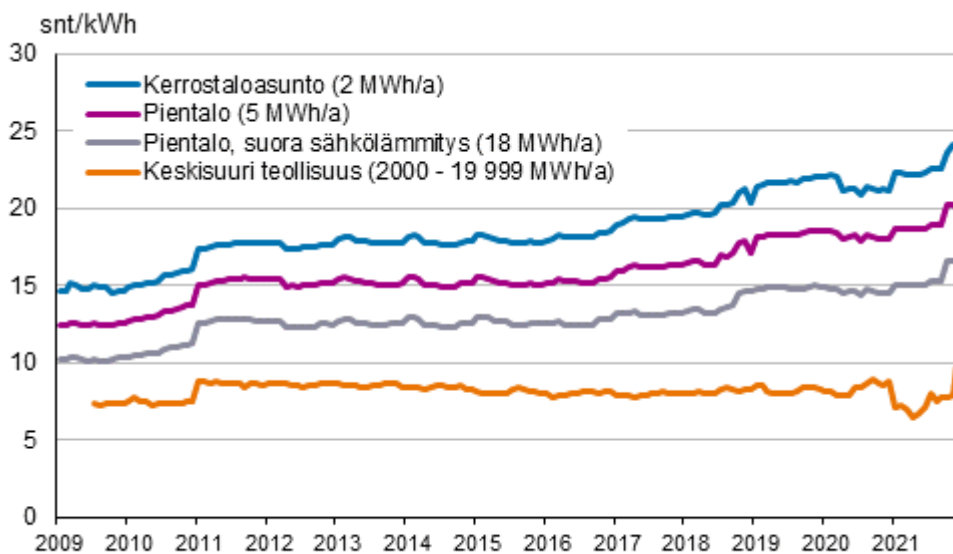
Palvelussa oli näkyvissä järjestelmän hinta asennettuna, teho, paneelien lukumäärä ja kentän koko. Mitoitusta varten laskettiin keskiarvot järjestelmien hyötysuhteesta, jonka todettiin olevan 20 %. Keväällä 2022 tarjouksien keskimääräiseksi kilowattipiikin hinnaksi jäi 20 kW järjestelmillä 928 €/kWp.

Järjestelmän häviöt huomioidaan (SFS-EN15316-4-3:2017. Energy performance of buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies. Part 4-3: Heat generation systems, thermal solar and photovoltaic systems, Module M3-8-3, M8-8-3, M11-8-3, 2017) Standardin mukaisesti. Standardissa on määritelty toimivuuskerroin riippuen siitä, kuinka paneelit ovat asennettu. Kertoimet ottavat huomioon tasasähkön muuntamisen vaihtosähköön, paneelien vaihtuvan lämpötilan ja aurinkopaneelien asennustavan. Kertoimet ovat seuraavat:

- Tuulettamaton moduuli 0,76
- Kohtalaisesti tuuletettu moduuli 0,80
- Hyvin tuuletetut moduulit 0,82

3.6 Sähkön hintatiedot

KOy Otonkulman tällä hetkellä maksama sähköenergia hinta on 5,29 snt/kWh. Sähkönsiirtosopimus on kausisähkö. Sähkön siirtohinta talviarkipäivinä 1.11–31.3 ma-la klo 7–22 on 5,00 snt/kWh. Muina aikoina siirron hinta on 1,46 snt/kWh. Koska aurinkosähkön tuotanto painottuu kesälle, käytetään työssä siirtohintana 1,46 snt/kWh. Sähköveroa maksetaan kulutetusta sähköstä. Sähköveron suuruus on 2,79 snt/kWh. Tilastokeskuksen kaaviosta kuvasta 10 voidaan laskea vuosittainen sähkön hinnan nousu. Hintaan on sisällytetty sähköenergia, sähkönsiirtomaksu sekä verot. Vuosien 2008 ja 2022 välillä hinnannousu on keskimäärin ollut 3,83 % vuodessa.



KUVA 10. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin (Tilastokeskus 2022)

4 MITOITUS JA KANNATTAVUUS

4.1 Mitoituksen perusteet

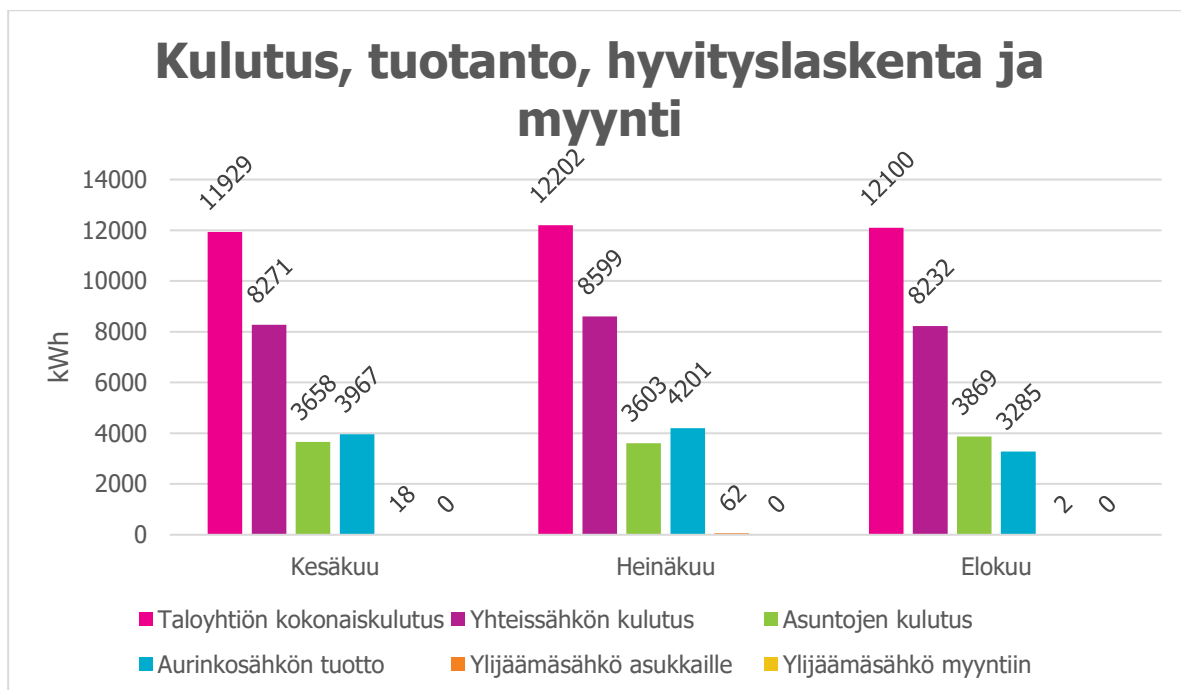
Järjestelmän mitoitus tehtiin taloyhtiön yhteisien tilojen ja asuntojen yhteenlasketun kulutuksen mukaan. Tarkoituksena on, että aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun sähkön osuus kulutuksesta olisi mahdollisimman suuri mutta kulutusta ei kuitenkaan ylitettäisi. Kun maksimituotto saadaan kohtaan saman ajan kulutuksen kanssa, sähköä ei jää myytäväksi verkkoon, joka vaikuttaisi mahdollisesti pienentävästi takaisinmaksu-aikaan. Yleisesti suurin taloudellinen hyöty saadaan, kun aurinkosähköllä korvataan ostettavaa sähköä. Poikkeuksena sellainen tilanne, jossa myytisähköstä saatava spot-hinta on korkeampi kuin sähköenergia, sähkönsiirtomaksu sekä vero yhteensä.

4.2 Mitoituksen tekeminen

Laskenta kulutuksen ja tuotannon kohtaamisesta tehtiin Excel-tiedostossa (liite 2). Koko järjestelmän tuntikohtainen tuotto saatiin kertomalla jokaisen kolmen eri kallistuskulman pinta-ala niihin kohdistuvilla auringon säteilyillä. Nämä säteilyarvot kerrottiin paneeleille määritellyillä hyötysuhteella 20 %. Saadut tulokset kerrottiin toimivuuskertoimilla, jotka ovat harjakaton osalta 0,8 ja tasakaton osalta 0,82.

Tulokset laskettiin vierekkäisiin pystysarakkeisiin, jolloin tuotannon ja kulutuksen tuntikohtainen vertaaminen oli helppoa. Pystysarakkeissa laskettiin tunneittain viisi eri arvoa. Taloyhtiön kokonaiskulutus sisältäen asunnot, pelkkä taloyhtiön kulutus, asuntojen kulutus, aurinkosähköjärjestelmän tuotto, ylijäämä sähkö asukkaille sekä ylijäämä sähkö asukkailta myyntiin. Järjestelmän tuottoa verrattiin ensimmäisenä taloyhtiön kulutukseen. Mikäli järjestelmä joinain aikoina tuotti taloyhtiön kulutusta enemmän, ylijäävä sähkö laskettiin asukkaille jaettavaan sähkönkulutuksen sarakkeeseen. Mikäli sähköä jäisi asukkailta yli, erotus lasketaan myytäväksi sähköksi.

Kuvan 11 tuloksista huomataan, että keskiarvoisia säteilytietoja käyttämällä asukkaille kolmen kesäkuukauden aikana jäisi jaettavaa yhteensä 82 kWh. Tuloksia katsoessa täytyy kuitenkin pitää mielessä, että keskiarvoista säteilymäärää käyttämällä huipputuotto leikkaantuu pois. Kirkkaina aurinkoisina kesäpäivinä järjestelmän tuotanto on korkeampi, jolloin taloyhtiön kulutuksesta ylijäämää jää enemmän jaettavaksi asukkaille.



KUVA 11. Kulutuksen ja tuotannon kohtaaminen (Nyström 2022, CC BY-NC-ND)

4.3 Vuosituotannon laskeminen

Edellisen kappaleen laskelmien perusteella tiedetään, että vaikka rakennuksessa kaikki käytettävissä oleva pinta-ala katetaan paneeleilla, ei järjestelmä keskiverto vuotena tuota enempää kuin taloyhtiön yhteisten tilojen kulutus on. Näin voidaan koko järjestelmän tuotto olettaa 100 % käytetyksi itse myös muiden kuukausien osalta, kun aurinkosähkön tuotanto on kesäkuukausia heikompa.

Koko vuoden tuotannon arvioimiseksi noudettiin PVGIS palvelusta kuukausittaiset säteilyarvot kWh/m² jokaiselle kolmelle 10°, 30° ja 45° asennuskulmalle vuoden 2005–2016 ajalta. Kaikkien 12 vuoden ajalta laskettiin keskimääräisen vuoden säteily kWh/m²/a, jolla tuotanto laskettiin. Laskenta aurinkosähkön tuotosta kullekin eri kallistuksen alalle laskettiin kaavalla 4.

$$E_{el,pv,out} = A * E_{sol} * \eta * f_{perf} \quad (4)$$

missä $E_{el,pv,out}$ =Paneelien tuottama energia kWh

A= Paneelien pinta-ala m²

E_{sol} = Paneeleihin kohdistuva säteily kWh/m²

η = Paneelien hyötysuhde

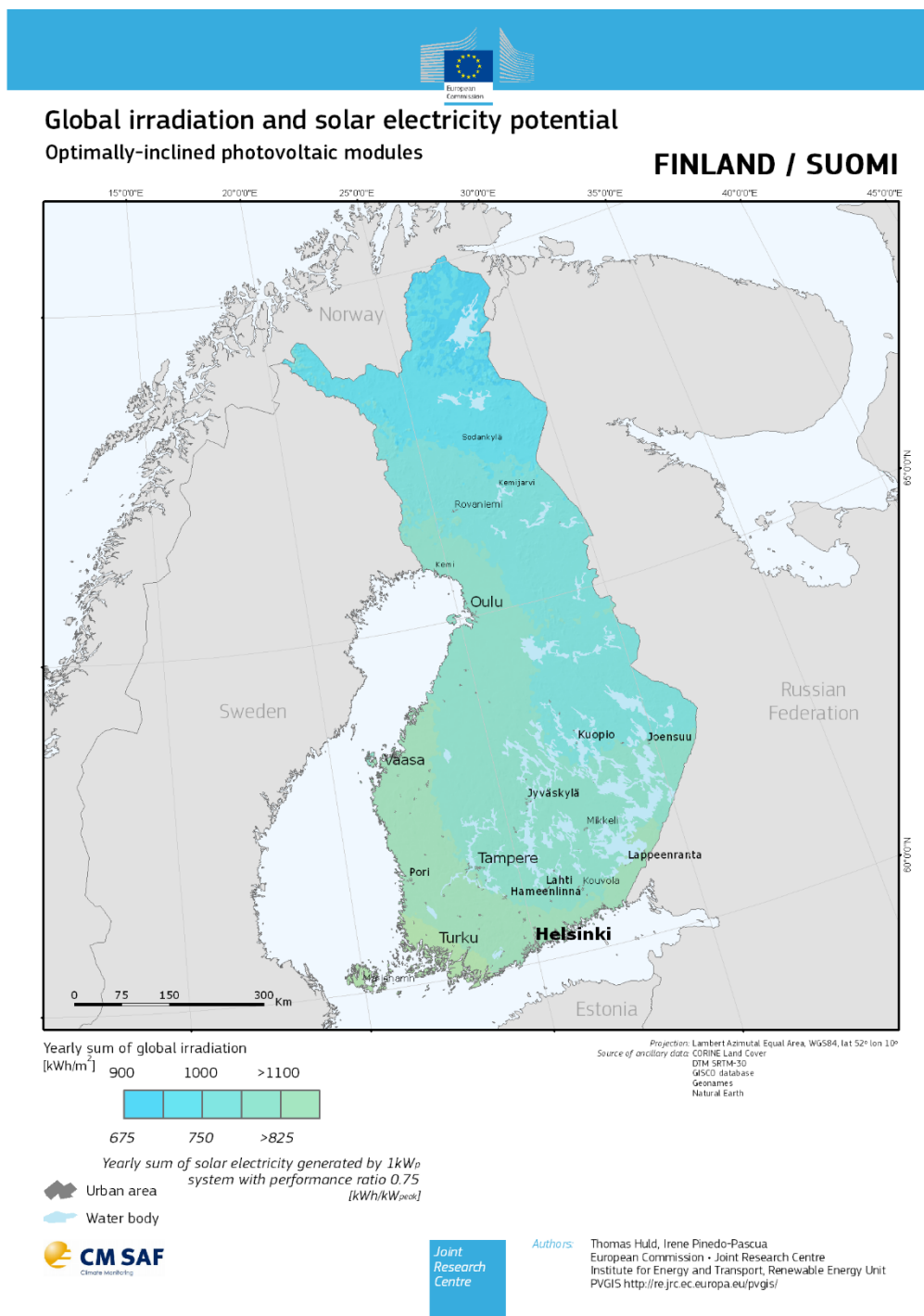
f_{perf} =Järjestelmän tehokkuuskerroin

TAULUKKO 2. Keskimääräisen vuoden aurinkosähkön tuotannon laskenta

Paneelin hyötysuhde		20 %		
Toimivuuserroin integroidut 10° ja 30°		0,80		
Toimivuuserroin ei integroidut 45°		0,82		
	Pinta-ala m²	Säteily kWh/m²/a	Säteily kWh/a	Tuotanto kWh/a
Tasakatto asennuskulma 45°	40,8	1 000	40 800	6 691
Harjakatto asennuskulma 30°	62,9	989	62 208	9 953
Harjakatto asennuskulma 10°	54,4	906	49 286	7 886
Järjestelmän tuotanto yhteensä				24 530
kWh/kWp				776

Taulukon 2 tuloksista todetaan, että järjestelmän arvioitu kokonaistuotto koko vuoden aikana olisi 24 530 kWh. Kun järjestelmän tehoksi on määritetty 31,62 kW, yksi kilowattiipiikki tuottaa sähköä 776 kWh vuodessa. PVGIS palvelusta on saatavilla maittain kartta, joka näyttää karkean arvion alueellisesti auringonsäteilystä sekä sähkön tuotantopotentiaalista. Kuvasta 12 nähdään, että Mikkelin kohdalla optimikulmalla säteily määrä vuositasolla olisi 1000–1050 kWh/m². Lisäksi kWp tuotto olisi n. 750–800 kWh, joka täsmää täsmällisesti työssä saatuun tulokseen 776 kWh.

KOy Otonkulman yhtiön käyttämä vuosittainen sähkönkulutusarvio siirtoyhtiö ESE:n mukaan on 134 266 kWh. Kun aurinkosähkön tuotanto on 24 530 kWh tarkoittaa se, että laskennallisesti 18,3 % vuoden aikana kulutetusta sähköstä voitaisiin tuottaa omalla aurinkosähköjärjestelmällä.



KUVA 12. Säteilyn ja tuotannon määrä optimikulmalla (Photovoltaic Geographical Information System 2019)

4.4 Järjestelmän kannattavuus

Järjestelmän kannattavuutta tarkasteltiin Finsolar hankkeessa (Auvinen & Rummukainen 2020) tehdyllä Excel pohjaisella kannattavuuslaskurilla (liite 3). Laskuriin tarvittiin ja syötettiin tiedot kiinteistön ostosähkön kustannuksista:

- Sähköenergian ostohinta 4,266 snt/kWh
- Energiaperusteinen sähkön siirtohintaa 1,177 snt/kWh

- Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu 2,253 snt/kWh
- Ostosähkön arvonlisävero 24 %
- Arvio ostosähkön hinnan noususta 3,83 %

Tiedot hankittavasta aurinkosähköjärjestelmästä:

- Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona 31,62 kWp
- Aurinkosähkön vuosituotto järjestelmän sijainnin mukaan 776 kWh/kWp
- Aurinkovoimalan vuosittainen sähköntuotannon vähenemä 0,5 %
- Aurinkosähkön ylijäämän osuus vuosituotannosta 0 %
- Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta verkkoon 5 snt/kWh

Tiedot aurinkosähköjärjestelmän hankinta-, ylläpito- sekä rahoituskustannuksista:

- Aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen -investointikustannukset 31 620 €
- Mahdollinen investointituki, kotitalousvähennys tms. 0 %
- Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen määrä 31620 €
- Laina-aika tai ulkopuolisen rahoituksen pituus 5 v
- Lainan taikka rahoituksen korko 2 %
- Investoinnin tuottovaatimus 0 %
- Invertterin vaihdon kustannus, osuus alkuinvestoinnista 10 %
- Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto jne.) 100 €

Laskurissa hankinnalle on otettu täysiarvoinen laina, jonka takaisinmaksuaika on 5 vuotta, koron ollessa 2 %. Luetelluilla tiedoilla aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuajaksi saadaan 10 vuotta. Investoinnin nettonykyarvoksi 30 vuoden käyttöajalla saadaan 6 554 €.

Saadut tulokset ovat teoreettisia arvioita järjestelmän tuotosta ja takaisinmaksuajasta, eikä tuloksia pidä ottaa 100 % totuutena. Tulokset ovat laskettu pidemmän ajan säteilyn mukaan, joten vuosittaiset säteilymäärän vaihtelut vaikuttavat yksittäisien vuosien sähkön tuotantoon.

5 HYVITYSLASKENTA

5.1 Lainsäädäntö

Valtioneuvosto hyväksyi 22.12.2020 sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta annetun valtioneuvoston asetuksen muutoksen. Asetuksella säädetään yhdessä tuotetun sähkön jakamisesta eli hyvityslaskennasta, sekä kulutuksen ja tuotannon netotuksesta tuotanto- ja käyttöpaikan välillä. Muutos mahdollistaa tuotetun sähkön jakamisen energiayhteisön sisällä samassa kiinteistössä olemassa olevia mittareita hyödyntäen. Sähkön jakaminen tehdään laskennallisesti ja toteutetaan taseselvitysjakson aikana, joka on tällä hetkellä tunti. Myöhemmin vuonna 2023 jakson pituus muutetaan 15 minuutin mittaiseksi. Asetuksen tarkoituksena on parantaa pientuotantoa harjoittavan toimijan mahdollisuus hyödyntää itse tuottamaansa sähköä. Hyvityslaskenta toteutetaan Fingridin ylläpitämässä datahubissa 1.1.2023 alkaen. (Valtioneuvosto 2020.)

Jos tuotetusta sähköstä jää ylijäämää verkkoon myytäväksi kiinteistön sekä asukkaiden käytön jälkeen, voidaan ylijäämä sähkö myydä sähköyhtiölle. Korkeimman hallinto-oikeuden päätöksen mukaan, mikäli sähkön myynti on vähäistä sitä ei pidetä arvonlisäverolain 1§:ssa tarkoitettuna liiketoimintana. Täten asunto-osakeyhtiö ei ole velvollinen suorittamaan ylijäämän myynnissä arvonlisäveroa. (KHO:2021:20 2021.)

5.2 Periaate

Asetuksen muutos mahdollistaa taloyhtiön aurinkosähkön ylijäämän jakamisen yhtiön osakkaille ilman siirtomaksua. Aikaisemmin ylijäämä sähkö jakaminen asukkaille katsottiin tapahtuvan siirtoverkon kautta, joten sähkö oli veronalaista ja siitä tuli maksaa sähkönsiirtomaksu veroineen. Maksusta johtuen sähkön jakaminen ei ole ollut taloudellisesti kannattavaa. (Tuomi 2020.)

Samassa Valtioneuvoston asetuksessa myös taseselvitysjakson aikainen kulutuksen ja tuotannon yhteenlasku eli kansankielellä netotus tulee pakolliseksi vuoden 2023 alusta.

Edellä mainituilla muutoksilla voidaan asunto-osakeyhtiöissä ottaa käyttöön entistä isompia aurinkosähköjärjestelmiä. Mitä isompi järjestelmä on, tulee hankintakustannus halvemmaksi kilowattipiikkiä kohden. Riippuen taloyhtiön kulutuksesta, joissakin kohteissa pelkästään kiinteistö sähkö kulutuksen tuotantoon hankittava järjestelmä olisi aikaisemmin lainsäädännön takia jäänyt sen verran pieneksi, ettei hankkiminen olisi ollut taloudellisesti kannattava takaisinmaksuajan venyessä pidemmäksi. (Motiva, 2022.)

Datahubia ylläpitää kantaverkkoyhtiö Fingrid Oyj:n tytäryhtiö Fingrid Datahub Oy. Tiedot datahubiin keskittää noin 80 siirtoyhtiötä sekä 80 sähkönmyyntiyhtiötä. Nyt kaikki asiakastiedot saadaan yhteen paikkaan, joka nopeuttaa ja parantaa palvelua esimerkiksi sähkönmyyjää vaihdettaessa. Asiakastiedot yksilöidään kuluttaja-asiakkaiden osalta henkilötunnuksella ja yritykset y-tunnuksella. Palvelusta myös yksittäinen kuluttaja pystyy näkemään kaikki omat sähkökäyttöpaikkansa. (Fingrid Oyj, 2022.)

5.3 Ylijäämänsähkön jakomahdollisuudet

Kun ylijäämää jaetaan, on hyvä muistaa se, että sähkö on jakokelpoista ainoastaan samassa kiinteistössä sijaitsevaan asuntoon. Mikäli osakas on vuokrannut asunnon, ylijäämänsähkön käytöstä syntyvä kustannussäästö syntyy ainoastaan huoneiston sähkösopimuksen tekijälle eli yleensä asukkaalle. Mikäli vuokranantajalla on oma sähkösopimus asuntoon ja asunnon vuokraan on sisällytetty sähkö, voi vuokranantaja teoriassa hyötyä hyvityslaskennasta.

Ylijäämänsähköä voidaan jakaa huoneistoihin esimerkiksi osakkeiden tai neliöiden mukaisesti. Jakaminen tapahtuu siis samassa suhteessa kuin osakkaat maksavat yhtiövästikettä. Jakosuhteet osakkaiden kesken määritellään datahubiin esimerkiksi isännöitsijän toimesta. Kuten aikaisemmin on jo todettu, ei Otonkulman kohteessa laskelmien mukaan asukkailla synny jakokelpoista määrää ylijäämänsähköä. Käytetään havainnollistamiseen seuraavia esimerkkiarvoja ja taulukkoa 3. Kuvitellaan, että taloyhtiössä on 10 huoneistoa. Huoneistot yhteensä hallinnoivat 10 000 kpl taloyhtiön osakkeita. Lasketaan prosenttiosuus, kuinka paljon kukin osakas osakkeista omistaa. Osakeomistusprosentilla kerrotaan asukkaalle jaettavaksi jäänyt aurinkosähkö. Tulokseksi saadaan, kuinka monta kilowattituntia kukin huoneisto ylijäämänsähköstä hyötyy.

TAULUKKO 3. Aurinkosähkön jakautuminen osakeomistusten kesken

Osakkeet yhteensä		10 000	kpl
Ylijäämänsähkö vuodessa		8000	kWh/a
Huoneisto	Osakkeet kpl	Osuus osakkeista %	Jaettu energia kWh
1	1 000	10 %	800
2	500	5 %	400
3	1 000	10 %	800
4	500	5 %	400
5	500	5 %	400
6	900	9 %	720
7	1 200	12 %	960
8	900	9 %	720
9	1 200	12 %	960
10	2 300	23 %	1 840
yhteensä	10 000	100 %	8 000

5.4 Vaikutus kannattavuuteen

Kuten aurinkosähköäkotii.fi sivuston hinnoittelusta nähdään että, mitä isompi aurinkosähköjärjestelmä on, sitä kannattavammaksi järjestelmä tulee, kun yhden kilowattipiikin hinta laskee. Tämä tarkoittaa, että yhden kilowattitunnin tuottamiseen tarvitaan pienempi investointi. Lähtökohtaisesti järjestelmää ei kuitenkaan sen varjolla pidä ylimitoitaa, niin että asukkaille jakamisen jälkeen sähköä jäisi yli myyntiin asti. Mikäli osakas asuu itse asunnossa, jonka osakkeet oikeuttavat ylijäämänsähkön saantiin, saa hän rahallista hyötyä itse tuotetun sähkön käytöstä. Vaikutus kannattavuuteen on sama kuin taloyhtiö hyväksi käytettävästä aurinkosähköstä. Mikäli osakas ei itse asu asunnossa johon ylijäämänsähköä käytetään, vaikuttaa se heikentävästi sijoituksen kannattavuuteen.

6 KYSELYTUTKIMUS OSAKKAILLE AURINKOSÄHKÖSTÄ

6.1 Toteutus

Kaikille osakkaille jaettiin kysely aurinkosähköön liittyen (liite 4). Talossa asuville osakkaille kysely jaettiin suoraan postiluukusta ja muualla asuville kirjeellä. Kyselyyn oli mahdollista vastata toimituksessa mukana olleella paperisella lomakkeella tai isännöitsijän talosivujen kautta löytyvällä Google Forms kyselylomake linkillä. Muualla asuville osakkaille toimitettiin mukana valmiiksi maksettu kirjekuori palautusosoitteella. Kyselyyn vastaamiselle toivottiin kahden viikon palautusaikaa.

6.2 Tietopyynnön toteutuminen

Taloyhtiössä osakkaita on yhteensä 20 henkilöä, joilta mielipidekyselyyn saatiin vastaus yhteensä 11 osakkaalta. 5 osakasta palautti vastaukset kirjeitse, 2 paperilomakkeella postiluukusta, 1 skannattuna sähköpostin liitteenä sekä 3 vastasi talosivujen kautta sähköisesti Google Forms kyselylomakkeella.

6.3 Vastaukset kyselyyn

Kyselyyn vastauksia saatiin useassa eri muodossa ja näistä koostettiin vastaukset Excel laskentataulukon (liite 5). Ensimmäiseen kysymykseen kuinka kiinnostunut olisit aurinkosähkövoimalan hankinnasta taloyhtiösi (kuva 13), 36 % vastanneista taloyhtiön osakkaista ilmaisi olevansa melko kiinnostuneita. Erittäin kiinnostunut oli yksi osakas ja loput 6 vastausta jakautui tasaisesti neutraalin en kovinkaan- ja en lainkaan kiinnostunut välille.



KUVA 13. Kuinka kiinnostunut olisit aurinkosähkövoimalan hankinnasta taloyhtiösi (Nyström 2022, CC BY-NC-ND)

Kun pyydettiin arvioimaan yleistä ilmapiiiriä, 64 % vastanneista uskoi enemmistöpäätöksellä syntyvän päätöksen hankkia yhtiölle voimala, mikäli tuotto-odotus ja takaisinmaksuaika olisi vähintään kohtuullinen. Monivalintakysymyksellä aurinkosähköjärjestelmän hyötyjä kysyttäessä enemmistö oli kiinnostunut uusiutuvan energiatuotannon lisäämisestä ja kiinteistön mahdollisesta arvonnoususta. Kolmantena vastauksena hyötynä nähtiin omavaraisuuden lisääminen sekä pienempi riippuvuus energia- ja siirtohintojen noususta. Kun pyydettiin vastausta aikaisemman kysymysvaihtoehtojen

tärkeimmästä hyödystä, taloudellinen kannattavuus oli selvästi suosituin. Suurin osa vastanneista osakkaista uskoo, että aurinkopaneeleilla olevan yhtiön asunnoilla olisi korkeampi kysyntä kuin ilman paneeleita. Tilanteessa, jossa osakas olisi hankkimassa huoneistoa, ei hän kuitenkaan olisi valmis maksamaan ylimääräistä, mikäli huoneiston sähkönkulutuksesta osa tuotettaisiin aurinkosähköllä.

Mahdollisia negatiivisia asioita vastanneiden keskuudessa ilmeni useampia. Visuaaliset seikat ja ilki-valta mietitytti muutamaa vastannutta. Investoinnin suuruus, sen hinta suhteessa hyötyyn sekä yleisesti kustannukset esiintyivät vapaasti kirjoitetuissa vastauksissa. Kattorakenteen osalta huolenaiheena oli mahdolliset vuodot sekä lisääntyneet korjauskustannukset. Oleellinen yleisesti aurinkosähkön ongelma on se, että talvella tuotto on heikkoa, oli myös yhden vastauksen aiheena.

55 % vastanneista uskoo, että paikkakunnalla aurinkosähkön tuotantopotentiaali on heikko. 45 % vastauksista on sitä mieltä, että tuottopotentiaali on kohtalainen. Takaisinmaksuajan mahdollisen hankinnan puoltamiselle enemmistö toivoisi olevan 5–10 vuotta. Toiseksi suurin vastanneiden ryhmä kysymykseen koki, että investoinnin tulisi maksaa itsensä takaisin 1–5 vuodessa.

6.4 Päätelmät vastauksista

Kyselyn perusteella osakkaiden ajatukset aurinkosähköstä jakautuvat, mutta eivät kuitenkaan ole selkeästi puolesta tai vastaan. Yleinen ilmapiiri koetaan kuitenkin optimistiseksi, mikäli hankinta on taloudellisesti kannattava, joka oli myös tärkeimmäksi noussut kriteeri mahdolliselle hankinnalle. Nähdäkseni aurinkosähköstä tarvitaan käytännön esimerkkejä ja kokemuksia, jotta taloyhtiössä tietoisuus mahdollisuuksista, järjestelmien potentiaalista sekä myös mahdollisista haittapuolista yleisty. Tällöin mielipiteen muodostaminen puolesta tai vastaan on helpompaa.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Yhtenä työn tavoitteena oli saada selville kiinteistön käyttöön soveltuva aurinkovoimalan koko. Työn tuloksena saatiin selville, ettei kiinteistön pinta-ala riitä nykytekniikalla sellaisen järjestelmän hankkimiseen, että aurinkosähköä keskivertovuotena jäisi jaettavaksi yhtiön asukkaille. Kun kaikki etelään päin käytettävissä oleva pinta-ala katettaisiin paneeleilla, tuotetulla sähköllä katettaisiin kirkkaimpaan päivän aikaan yhtiön yhteistä sähkön kulutusta. Laskelmien perusteella yhtiön yhteisten tilojen koko vuoden sähkön käytöstä 18,3 % voitaisi korvata omalla aurinkosähköntuotannolla. Asennettavan aurinkovoimalan nimellisteho olisi noin 32 kW. Mitoitus tehtiin tämän hetken markkinoilla olevien järjestelmien hyötysuhteilla ja arvoilla. Tekniikan kehittyessä ja hyötysuhteiden parantuessa samalle pinta-alalle asennettava teho sekä tuotettu energiamäärä kasvavat.

Hyvityslaskentaa käsiteltiin yleisellä tasolla esimerkin avulla koska laskelmien perusteella Otonkulmaan asennettava järjestelmä ei kokonsa puolesta pysty tuottamaan sähköä asukkaille. Todettiin että mikäli tuotannosta jäisi asukkaille jaettavaa sähköä, se voitaisiin jakaa osakkaille osakkeiden omistussuhteen mukaisesti. Tämä olisi oikeudenmukaisin jakotapa, kun otetaan huomioon, että myös investointi jakautuu osakkaille samansuuruisesti maksettujen vastikkeiden kautta.

Osakkaille suunnatulla kyselytutkimuksella saatiin suurpiirteisesti havaintoja siitä, kuinka he kokevat aurinkosähkön. Vastaukset vaihtelivat puolesta ja vastaan. Tärkeimpänä tuloksena nousi esille taloudellisen kannattavuuden ehto. Kyselyn vastauksien perusteella välittyi tunne, että osakkaat ovat lähtökohtaisesti kiinnostuneita aurinkosähköstä. Käytettävissä oleva tieto ja ympäriltä saadut kokemukset ovat kuitenkin vähäisiä. Tämä on toisaalta ymmärrettävää, koska aurinkovoimaloiden asentaminen taloyhtiöissä on uusi asia. Kustannustehokkaasti hankinta mahdollistui vasta vuoden 2021 alusta, kun kysely toteutettiin saman vuoden toukokuussa.

Työn tuloksena taloyhtiön käyttöön saatiin tieto mahdollisesta järjestelmän koosta. Keskiarvoisen säteilyvuoden perusteella, sähköä ei juurikaan jäisi jaettavaksi asukkaille. Täytyy kuitenkin huomioida, että yksittäisiä päiviä tarkastellessa säteilyn määrä on suurempaa. Näinä aikoina ylijäämää todennäköisesti syntyy ja asukkaille voidaan jakaa itse tuotettua aurinkosähköä. Jos osakas itse käyttää ylijäämäsähköä hyväkseen, muutosta järjestelmän takaisinmaksu-aikaan ei synny. Työn osana osakkaille toteutettu kysely on arvokasta tietoa taloyhtiölle, kun tiedetään miten osakkaat asioita kokevat ja mistä mahdollisesti tarvittaisiin lisätietoa. Kokonaisuutena työn tuloksena saatiin vastaukset käsiteltyihin asioihin ja työ lopputuloksiin voidaan olla tyytyväisiä.

LÄHTEET

- Auvinen, Karoliina & Rummukainen, Miika 2020. Aurinkosähkön kannattavuuslaskuri v042020. Excel-tiedosto. <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VEzwSvQAHUVtIhCYhL4-WoBajY5KUXyuC9WRRuuc2VM/edit?usp=sharing>. Viitattu 30.3.2022
- Chodos, Alan 2009. April 25, 1954: Bell Labs Demonstrates the First Practical Silicon Solar Cell. Verkkojulkaisu. <https://www.aps.org/publications/apsnews/200904/physicshistory.cfm>. Viitattu 18.3.2022.
- Clean Energy Reviews 2022. Most Efficient Solar Panels 2022. Verkkojulkaisu. <https://www.cleanenergyreviews.info/blog/most-efficient-solar-panels>. Viitattu 20. 3. 2022.
- Energiateollisuus 2022. Energiavuosi 2021 Sähkö. Pdf-tiedosto. https://energia.fi/files/4428/Sahkovuosi_2021_netti.pdf. Viitattu 19.3.2022.
- European Comission 2020. Photovoltaic Geographical Information System. Verkkojulkaisu. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/. Viitattu 15.4.2021.
- Fingrid Oyj 2022. Datahub tuo tiedot sähkönkäyttöpaikoista yhteen järjestelmään. Verkkojulkaisu. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/datahub/>. Viitattu 14.3.2022.
- Fortum 2017. Suomalaiset suhtautuvat hyvin myönteisesti aurinkoenergiaan – tietoa kaivataan lisää. Verkkojulkaisu. <https://www.fortum.fi/media/2017/07/suomalaiset-suhtautuvat-hyvin-myonteisesti-aurinkoenergiaan-tietoa-kaivataan-lisaa>. Viitattu 23.4.2021.
- Fortum 2019. Sähkön kulutus yksiössä, kolmiossa ja omakotitalossa. Verkkojulkaisu. <https://yhdedssa.fortum.fi/sahkonkulutus>. Viitattu 7.7.2021.
- Helen 2022. Aurinkopaneelien hankintaopas. Pdf-tiedosto. https://www.helen.fi/globalassets/aurinko/aurinkopaneelien_hankintaopas.pdf. Viitattu 26.3.2022.
- IRENA 2020. Renewable power generation costs in 2019. Verkkojulkaisu. <https://www.irena.org/publications/2020/Jun/Renewable-Power-Costs-in-2019>. Viitattu 6.5.2019.
- IRENA 2021. Electricity Statistics – Query tool. Excel-tiedosto. https://www.irena.org/IRENADocuments/IRENA_RE_electricity_statistics_-_Query_tool.xlsm. Viitattu 30.6.2021.
- KHO 2021:20, 63. Vuosikirjapäätös. <https://www.kho.fi/fi/index/paatokset/vuosikirjapaatokset/1613470807597.html>. Viitattu 8.7.2021.
- Mikkelin kaupunki 2021. Mikkelin Ilmasto-ohjelma 2022-2035. Pdf-tiedosto. https://hallintamikkeli.kunta-api.fi/wp-content/uploads/2022/02/Mikkelin-ilmasto-ohjelma_hyvaksyty_131221.pdf. Viitattu 20.4.2022.

Motiva 2020. Auringon säteilyn määrä Suomessa. Verkkojulkaisu.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringon_sateilyn_maara_suomessa. Viitattu 1.4.2021.

Motiva 2021. Aurinkosähköjärjestelmän teho. Verkkojulkaisu.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho. Viitattu 25.3.2022.

Motiva 2021. Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä. Verkkojulkaisu.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma. Viitattu 25.3.2022.

Motiva 2021. Aurinkosähköt teknologiat. Verkkojulkaisu.

https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat. Viitattu 24.3.2022.

Motiva 2021. Aurinkosähköä kotiin. Verkkojulkaisu. <https://aurinkosahkoakotiin.fi/tarjoukset/>.

Viitattu 20.4.2021.

Motiva 2022. Hyvityslaskenta. Verkkojulkaisu. https://aurinkosahkoakotiin.fi/aurinkosahkon_hyvityslaskenta/. Viitattu 30.3.2022.

Nyström, Onni 2021. KOy Otonkulman ilmakuva pinta-aloineen. Valokuva. 3.7.2021. Mikkeli.

Nyström, Onni 2021. KOy Otonkulman länsipääty asennuskulmineen. Valokuva. 3.7.2021. Mikkeli.

Photovoltaic Geographical Information System 2019. Global Irradiation and solar electricity potential Finland. Verkkojulkaisu. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_pdfs/G_opt_FI.png. Viitattu 28.3.2022.

Pickerel, Kelly 2018. The Long History of Solar PV. Verkkojulkaisu.

<https://www.solarpowerworldonline.com/2018/01/long-history-solar-pv/>. Viitattu 26.3.2022.

Ralos 2020. Aurinkokennoteknologiat. Verkkojulkaisu.

<https://www.ralos.eco/blogi/category/ohutkalvo>. Viitattu 18.4.2022.

Ralos 2020. Piikidekennot. Verkkojulkaisu. <https://www.ralos.eco/blogi/category/pii>. Viitattu 20.3.2022.

Richardson, Luke 2018. Verkkojulkaisu. The history and invention of solar panel technology.

<https://news.energysage.com/the-history-and-invention-of-solar-panel-technology/>. Viitattu 19.3.2022.

Savonia 2022. Aurinkoenergia. Pdf-tiedosto.

<http://web.archive.org/web/20121116011830/http://dmkk.savonia.fi/energiablogi/images/stories/aurinkoenergia.pdf>. Viitattu 16.3.2022.

SFS EN15316-4-3. 2017. Energy performance of buildings. Method for calculation of system energy requirements and system efficiencies. Part 4-3: Heat generation systems, thermal solar and

photovoltaic systems, Module M3-8-3, M8-8-3, M11-8-3. Metalliteollisuuden standardisointiyhdistys ry.

Sharp 2022. 1963:Mass Production of Solar Cells. Verkkojulkaisu.

https://global.sharp/corporate/info/his/h_company/1963/index.html. Viitattu 18.3.2022.

Tilastokeskus 2022. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. Verkkojulkaisu.

https://www.stat.fi/til/ehi/2021/04/ehi_2021_04_2022-03-10_kuv_004_fi.html. Viitattu 26.3.2022.

Tuomi, Tapio 2020. Lähienergia. Verkkojulkaisu. <https://lahienergia.org/lahienergialiiton-pitkajanteinen-ja-maaratietoinen-tyo-hajautetun-pientuotannon-edistamiseksi-kantaa-hedelmaa/>. Viitattu 8.3.2021.

U.S Department of Energy 2022. Energy Efficiency and Renewable Energy. Pdf-tiedosto.

https://www1.eere.energy.gov/solar/pdfs/solar_timeline.pdf. Viitattu 19.3.2022.

University of Oregon 2015. Sun Part Chart Program. Verkkojulkaisu.

<http://solardata.uoregon.edu/SunChartProgram.php>. Viitattu 2.2.2022.

Ursa 2022. Atsimuutti. Verkkojulkaisu. <https://www.ursa.fi/extra/kosmos/a/atsimuutti.html>.

Viitattu 16.4.2021.

Valtioneuvosto 2019. 3.1 Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi.

<https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>. Viitattu 3.7.2021.

Valtioneuvosto 2020. Energiayhteisöt helpottamaan itse tuotetun sähkön jakamista naapurustossa.

<https://valtioneuvosto.fi/-/1410877/energiayhteisot-helpottamaan-itse-tuotetun-sahkon-jakamista-naapurustossa>. Viitattu 14.3.2022.

Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 12.8.2021/767.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20210767>. Viitattu 25.3.2022.

Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta 2009/66. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090066>.

Viitattu 29.3.2021.

LIITE 1: KIRJE KULUTUSTIETOJEN PYYTÄMISEKSI

Hei!

26.5.2021

Opiskelen energiatekniikkaa Savonia ammattikorkeakoulussa. Opinnäytetyökseni teen mitoituksen aurinkosähköjärjestelmästä Otonkulman kiinteistöömme. Käsittelen myös mahdolliselle ylijäämä sähkölle käytettävää hyvityslaskentamallia. Työssä ei yksilöidä asuntoja tai asukkaita, eikä lukemia käsittellä asunnoittain erikseen. Tämä kirje koskettaa kaikkia talon asukkaita.

Mitoitusta varten tarvitsisin huoneistojen sähkönkulutustietoja. Tietojen noutoa ja lähettämistä tarvitsette internetyhteydellä varustetun tietokoneen tai tabletin sekä sähköpostiosoitteen. Lukemat saatte ladattua verkkoyhtiö ESE:n ESEOnline järjestelmästä. Lukemat toivoisin tuntitarkkuudella ainakin viime vuoden 2020 kesä-, heinä- ja elokuun osalta. Mikäli palvelu ei ole teille ennestään tuttu, toisella sivulla on ESEOnlineen käyttöohje koko vuoden 2020 lukemien lataamiseksi. Kun olette ladanneet kulutustiedoston, lisätäkää tiedostonimeen huoneistonne koko 1 h, 2 h, 3 h tai 4 h.

Lukemadokumentin voitte toimittaa liitetiedostona sähköpostiini [REDACTED]. Toive palautukselle 4.6 perjantaihin mennessä. Mikäli teille on mahdollista ja olette halukas luovuttamaan kulutustietojanne, olisin erittäin kiitollinen.

Jos herää jotain kysyttävää tai tarvitsette apua kulutuslukemien hankkimisessa tai toimittamisessa, soittakaa tai laittakaa sähköpostia rohkeasti, niin ratkaistaan ongelma yhdessä.

Aurinkoisin yhteistyöterveisin

Onni Nyström

[REDACTED]

Ohje on tehty tietokoneelle. Tabletilla tai puhelimella ohje voi erota hieman.

1. Siirry internet osoitteeseen www.ese.fi
2. Klikkaa sivun ylä laidasta violetilta pohjalta tekstiä ESEOnline
3. Täytä kysytyt tiedot sähköposti, etunimi, sukunimi sekä luo itsellesi salasana vaatimuksien mukaan. Lopuksi paina alhaalla olevaa rekisteröidy painiketta. Jos olet jo aikaisemmin luonut tunnukset sekä kirjautunut palveluun klikkaa alhaalta rekisteröidy ikonin yläpuolella olevaa kirjaudu tekstiä, syötä avautuvalle sivulle sähköpostiosoitteesi sekä salasanasi ja kirjaudu sisään, jonka jälkeen voit siirtyä ohjeen kohtaan 9.
4. Rekisteröitymisen jälkeen antamaasi sähköpostiin tulee viesti, jossa on kuusinumeroinen vahvistuskoodi. Syötä saamasi koodi auki jääneelle ESE:n kirjautumissivulle ja klikkaa vahvista.
5. Tämän jälkeen kirjaudu sisään sähköpostilla sekä määrittämälläsi salasanalla.
6. Seuraavaksi järjestelmä pyytää vahvaa tunnistautumista. Klikkaa aloita tunnistautuminen. Valitse tunnistautumista varten listasta pankkisi ja suorita tunnistautuminen pankkisi ohjeiden mukaisesti.
7. Kun olet tunnistautunut, sivusto näyttää asiakasnumeron, käyttöpaikan numeron sekä osoitteen. Varmista että tiedot ovat oikein. Vahvista ja siirry ESEOnline-palveluun.
8. Sivusto pyytää tämän jälkeen varmistamaan, että käyttäjätiedot ovat oikein. Vahvista ja siirry ESEOnline-palveluun.
9. Klikkaa vasemmassa reunassa olevaa kulutustiedot kohtaa.
10. Kulutustiedot kohdan alta klikkaa vetoalikkoa, jossa lukee vuosi 2021 ja valitse listasta vuodeksi 2020. Varmista vuoden onnistunut vaihtuminen sillä, että alla lukee kokonaiskulutus vuosi 2020.
11. Siirry sivulla alaspäin, kunnes vastaan tulee vihreällä pohjalla teksti "Lataa kulutus tuntitasolla". Klikkaa painiketta. Riippuen asetuksistasi, tiedosto latautuu ladattujen tiedostojen oletuskansioon tai kysyy sinulta mihin tiedosto ladataan. Lataussijainnilla ei ole väliä, kunhan pääset sähköpostia lähettäessäsi lisäämään ladatun tiedoston sähköpostin liitteeksi.
12. Muokkaa ladattua tiedostonimeä hiiren oikealla painikkeella nimeä uudelleen toiminnolla. Lisää tiedostonimeen asuttamasi huoneiston koko 1 h, 2 h, 3 h tai 4 h.

LIITE 2: LASKELMAT KULUTUKSEN JA TUOTANNON KOHTAAMISESTA

LIITE 3: FINSOLAR AURINKOSÄHKÖN KANNATTAVUUSLASKURI V042020 OTONKULMA

LIITE 4: GOOGLE FORMS KYSELY AURINKOSÄHKÖSTÄ

LIITE 5: AURINKOSÄHKÖN MIELIPIDEKYSELYN KOONTITÄULUKKO