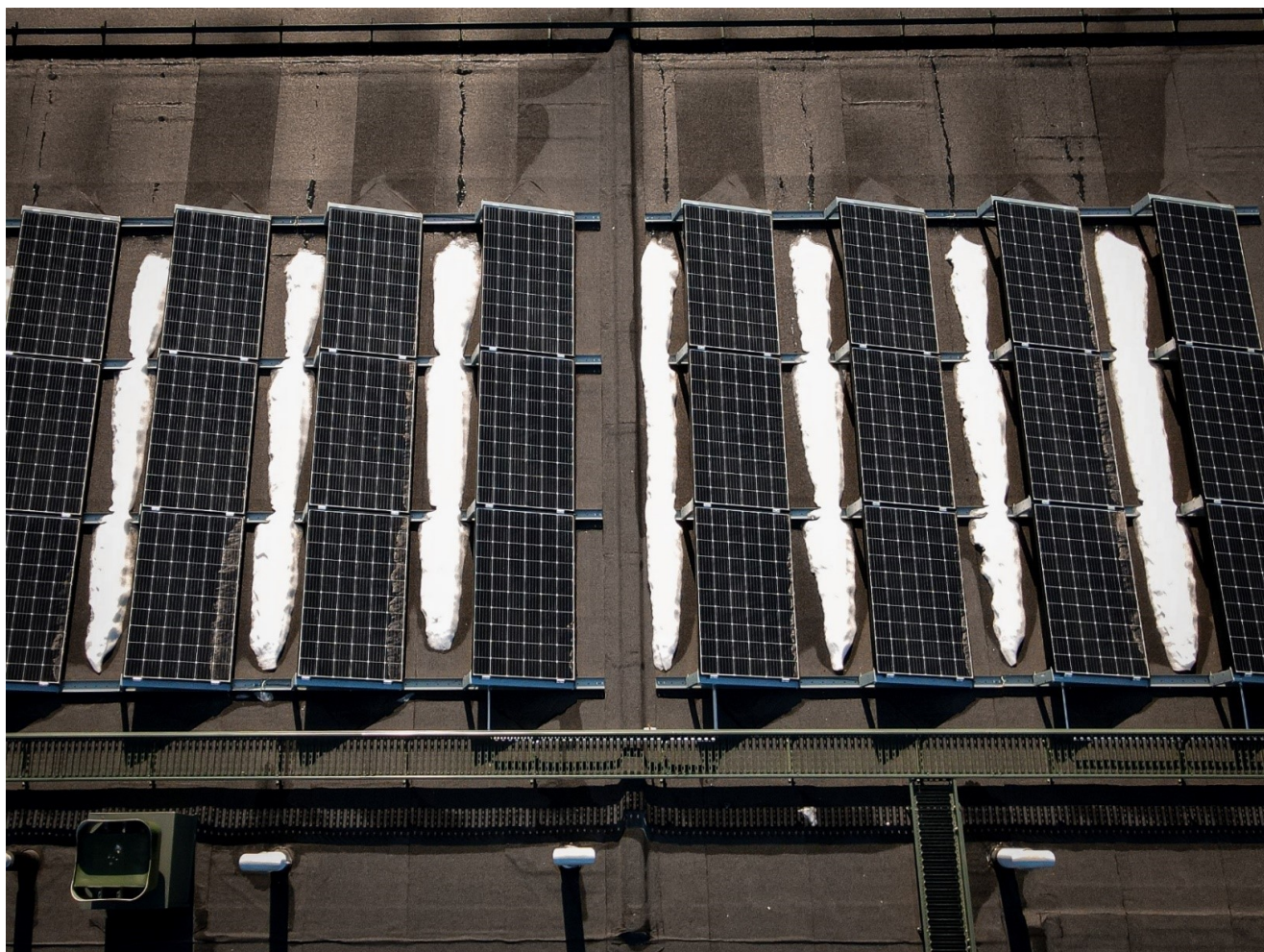


Valtteri Pirttinen (toim.)

Aurinkoenergia Lapissa

– Monien mahdollisuuksien aurinkosähkö



Toimittaja:

- Pirttinen, Valtteri, Insinööri (YAMK), Asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

Artikkelien kirjoittajat:

- Autioniemi, Juha, Insinööri (AMK), Asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu
- Kelloniemi, Tuomas, DI, asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu
- Kuisma, Petri, TKT, yliopettaja, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu
- Meriläinen, Santeri, Tradenomi (YAMK), Asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu
- Pesonen, Otto, Insinööri (YAMK), Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu
- Pirttinen, Valtteri, Insinööri (YAMK), Asiantuntija, Älykäs rakennettu ympäristö, Lapin ammattikorkeakoulu

Esipuhe:

- Jouni Karasti, NEVE Oy, Jukka Järvelä, REDU, Kai Ryyänen, Lapin AMK (puheenjohtaja) & Perttu Pörhölä, Pellopuu Oy

Metatiedot

Tyyppi: Kokoomajulkaisu

Julkaisija: Lapin ammattikorkeakoulu Oy

Julkaisuvuosi: 2023

Sarja: Pohjoisen tekijät - Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja 37/2023

ISBN 978-952-316-503-8 (pdf)

ISSN 2954-1654 (verkkajulkaisu)

URL-linkki: <https://pohjoisentekijat.fi/2023/12/14/aurinkoenergia-lapissa-monien-mahdollisuuksien-aurinkosahko/>

Oikeudet: CC BY 4.0

Kieli: suomi

@Lapin ammattikorkeakoulu ja tekijät

Tiivistelmä

Solarctic-hankkeen taustalla on lappilaisten yritysten ja muiden toimijoiden kasvava kiinnostus aurinkoenergiaan. Pohjoinen toimintaympäristö pitkin etäisyyksineen ja matkailurakentamisen kasvu madaltavat kynnyksiä suunnitella ja toteuttaa hajautettuja energiantuotantoratkaisuja sekä energiavarastoja alueelle. Älykkäät hybridiratkaisut, akkujärjestelmät sekä sähköautojen hyödyntäminen osana energiavarastoja, kuin myös kulutushuippujen leikkaaminen tulevat olemaan osana globaalia energiamurrosta tulevaisuudessa myös täällä Lapissa.

Julkaisuun on koottu yhteen Solarctic-tutkimushankkeessa toteutetut tärkeimmät toimenpiteet ja niiden tulokset. Artikkelikokoelma syventyy aurinkosähköjärjestelmien toimintaan ja hyödynnettävyyteen pohjoisessa toimintaympäristössä, aurinkosähköjärjestelmien kehitykseen ja eri pilottikohteisiin Lapin alueella, asennuskulman tuotannolliseen vaikutukseen, energiayhteisöihin sekä uusiin liiketoimintamahdollisuuksiin. Julkaisun tavoitteena on välittää puolueetonta tutkimustietoa Lapin alueen aurinkoenergiasta kiinnostuneille toimijoille. Erityisesti julkaisu on suunnattu kaikille aurinkosähköjärjestelmiä harkitseville yrityksille, sekä julkisille toimijoille.

Artikkelikokoelma on laadittu osana Solarctic-hanketta, joka on Lapin liiton rahoittama Euroopan aluekehitysrahaston hanke. Hanke toteutettiin 1.4.2020–31.5.2023 välisenä aikana Lapin ammattikorkeakoulun Älykäs rakennettu ympäristö -osaamisryhmän toimesta. Artikkeleiden kirjoittajina toimivat edellä mainitun osaamisryhmän asiantuntijat, jotka ovat hankkeen aikana perehtyneet ja keränneet aurinkoenergiaan liittyvää uutta tietoa ja konkreettista dataa.

Sisällys

Esipuhe	5
Johdanto	6
<i>Valtteri Pirttinen</i>	
Auringosta energiaa Lapissa - Lapin aurinkosähkön kehitys	9
<i>Tuomas Kelloniemi</i>	
Aurinkosähköjärjestelmien pilottikohteet Solarctic-hankkeessa	17
<i>Juha Autioniemi & Tuomas Kelloniemi</i>	
Onko aurinkopaneelin kulmalla väliä: 45 vs. 90 asteen kulma	24
<i>Tuomas Kelloniemi</i>	
Energiayhteisöt taloyhtiöiden tulevaisuutena	32
<i>Otto Pesonen</i>	
Pörssisähköllä rahaa	38
<i>Juha Autioniemi</i>	
Aurinkosähköjärjestelmien uudet liiketoimintamahdollisuudet	43
<i>Santeri Meriläinen</i>	
Aurinkosähköjärjestelmä saarekekäytössä	52
<i>Petri Kuisma</i>	

Esipuhe

Solarctic-hankkeessa haluttiin tutkia ja kehittää aurinkoenergian hyödyntämismahdollisuuksia pohjoisella, jopa arktisella alueella. Tavoitteet olivat erittäin kunnianhimoiset ja korkeat. Hankkeen lopputuloksia tarkastellen ne saavutettiin hyvin. Eri toimijoita saatiin aktivoitua yhteistyöhön ja kehittämään yhdessä aurinkoenergiaan liittyviä asioita.

Hankkeen yhtenä tavoitteena oli tutkia ja kehittää energiavarastojen ja Smart City -energiamallin tuomia hyötyjä aurinkosähkön käyttäjille pohjoisissa olosuhteissa. Asiaa konkretisoitiin demonstroimalla useassa erilaisessa aurinkosähköä hyödyntävässä pilottikohteessa. Alun perin oli tavoitteena tutkia neljässä pilottikohteessa, mutta hankkeen aikana toteutettiin viisi demonstraatiota pilottikohteessa. Lisäksi hankkeen aikana kerättiin tietoa aurinkojärjestelmien toiminnasta kahdeksassatoista pilottikohteessa. Tämäkin osoittaa aiheen tarpeellisuuden ja ajankohtaisuuden.

Kuluttajien ja potentiaalisten aurinkoenergian uusien käyttäjien avuksi kehitettiin hankkeessa aurinkopaneelien hankintaopas, joka antaa kuluttajalle puolueetonta tietoa päätöksenteon tueksi. Smart City energiatoimintamallin kehittämisessä tarkasteltiin kiinteistörajat ylittävän sekä virtuaalisen energiayhteisön luomia mahdollisuuksia. Hankkeessa tarkasteltiin myös aurinkoenergiaan liittyvää lainsäädäntöä. Hankkeen aikana tehtiin lisäksi teknisiä tarkasteluja aurinkoenergiaan liittyen. Muun muassa erilaisten aurinkopaneelien vertailu keskenään muodosti kattavan teknisen kokonaisuuden.

Hankkeen lopussa ollut erittäin kattava aurinkosähköenergiaan liittyvä tapahtuma kokosi ansiokkaasti hankkeen tulokset kattavaksi paketiksi, jossa alasta kiinnostuneet ja jo alalla olevat saattoivat yhdessä vaihtaa ajatuksia asiasta.

Hanke kokonaisuudessaan osoitti, että yhdessä tekemällä saavutettiin lähes kaikki tutkimukselle asetetut tavoitteet. Hankkeen ohjausryhmä oli erittäin aktiivinen ja kiinnostunut asioista. Hanketoimijoiden työpanos on ollut erittäin merkittävä onnistuneen lopputuloksen saavuttamiseksi. Erityisen kiitoksen ansaitsee Lapin ammattikorkeakoulun Älykäs rakennettu ympäristö -osaamisryhmän toimijat, jotka suurella asiantuntemuksellaan projektipäällikkö Valteri Pirttisen johdolla mahdollistivat hankkeen laadukkaan lopputuloksen.

Iso kiitos kaikille hankkeeseen osallistuneille ja rahoittajalle. Tästä on hyvä jatkaa kohti aurinkoista tulevaisuutta Lapissakin.

Rovaniemellä 9.8.2023 Solarctic-hankkeen ohjausryhmä

Jouni Karasti, NEVE Oy, Jukka Järvelä, REDU, Kai Ryyänen, Lapin AMK (puheenjohtaja) & Perttu Pörhölä, Pellopuu Oy

Johdanto

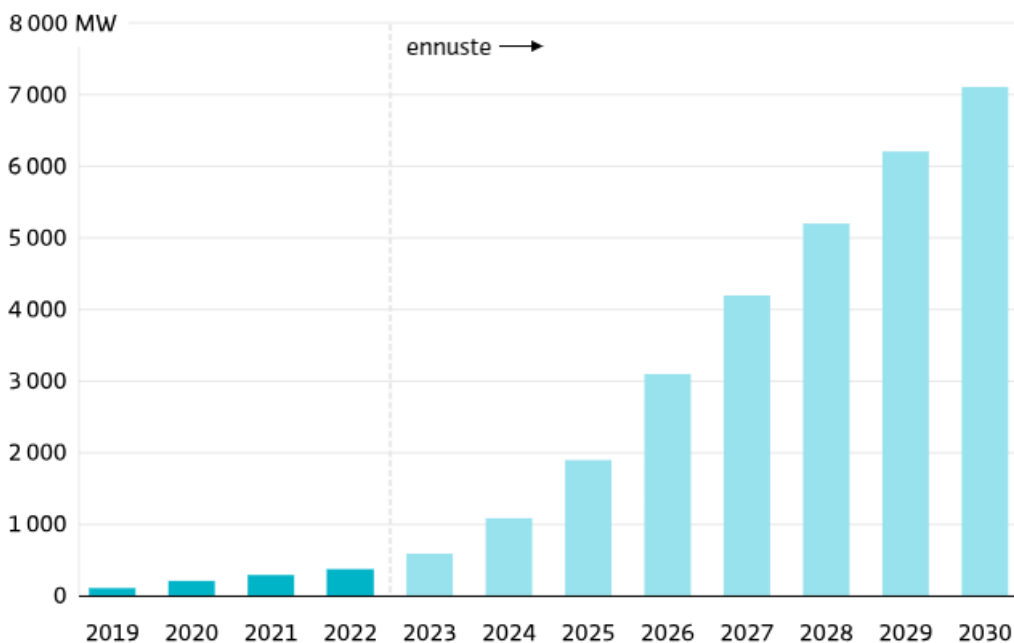
Valteri Pirttinen

Pyrkimys päästä irti fossiilisista polttoaineista ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi on luonut suurta muutosta energiasektoriin. Nykyinen energiajärjestelmä tukeutuu vielä vahvasti fossiilisiin polttoaineisiin, mutta tulevaisuuden energiajärjestelmä tulee pohjautumaan vahvasti uusiutuvien energialähteiden varaan. (Fortum 2023.) Uusiutuvien energialähteiden lisääntyminen tuo mukanaan puhtaamman energialähteen lisäksi myös haasteita ja muutoksia nykyiseen energiasektoriin. Aurinkoenergiaa tuotetaan auringon paistaessa ja tuulienergiaa riittävällä tuulella, jonka vuoksi ennustettavuus on haastavampaa, energian varastoinnin tarve kasvaa ja on kehitettävä uusia ratkaisuja, jotta sähköverkko saadaan pidettyä tasapainossa.

Aurinkoenergian hyödyntäminen globaalisti ja myös Suomessa on lisääntynyt huomattavasti viime vuosina. Puhtaampaan energiaan siirtymisen lisäksi, vuonna 2022 Venäjän aloittama hyökkäyssota ja sen vaikutus energiemarkkinoihin lisäsi myös tavallisten kansalaisten kiinnostusta aurinkoenergian pientuotantoon. Alla olevassa kuvassa 1 on Fingridin laatima kasvuennuste aurinkosähkövoimakapasiteetista vuoteen 2030 asti.

Aurinkosähkön kapasiteetti yli kymmenkertaistuu

Aurinkovoimakapasiteetin kasvuennuste 2030 saakka



Lähde: Fingrid, grafiikka: Samuli Huttunen / Yle

Kuva 1. Aurinkosähkökapasiteetti ja arvio vuoteen 2030 asti (Yle 2023)

Energiasektorin muutokset ja Lapin alueen toimijoiden kasvava lisätiedon tarve aurinkoenergian suhteen toimivat lähtölaukauksena Solarctic-hankkeelle. Hanketta suunniteltaessa asetettiin tavoitteeksi tuottaa tutkittua ja puolueetonta tietoa aurinkosähköjärjestelmien toiminnasta pohjoisessa toimintaympäristössä. Tämä oli merkittävää, sillä aurinkoenergian hyödyntäminen on erityisen haasteellista pohjoisissa ilmasto-olosuhteissa.

Hankkeen ensisijainen tehtävä oli kartoittaa Lapin alueen aurinkoenergiaa tuottavia toimijoita ja hankkia heiltä lupa päästä käsiksi aurinkojärjestelmien tuottotietoihin. Näitä tietoja kerättiin systemaattisesti hankkeen verkkosivustolle, joka toimii edelleen tietopankkina jakaen tietoa laajasti ja avoimesti. Sivustolle on koottu arvokasta tietoa aurinkoenergian tuotannosta Lapin alueella ja tähän tietoon pääset käsiksi hakemalla tietoa Solarctic-hankkeesta hakukoneen avulla.

Solarctic-hankkeen tärkeimmät tulokset ja tuotokset on koottu tähän artikkelikokoelmaan, ja se tarjoaa kattavan katsauksen hankkeen aikana saavutetuista tuloksista. Artikkelit käsittelevät useita eri aurinkoenergian osa-alueita, joista seuraavaksi. Lapin alueen aurinkoenergian kehitystä tarkastellaan nykytilanteen ja tulevaisuuden suuntauksien osalta. Lisäksi keskitytään aurinkosähköjärjestelmien pilottikohteisiin, joissa aurinkoenergiaa hyödynnetään kokeellisesti, tutkien eri mahdollisuuksia. Aurinkopaneelien asennuskulmat ovat myös yksi käsiteltävä teema. Sen osalta selvitetään eri asennustapojen vaikutuksia aurinkosähköjärjestelmän tuottoon. Artikkeleissa nousee esille myös energiayhteisöjen roolit taloyhtiöissä, sekä niiden mahdollisuudet aurinkoenergian yhteiskäytössä.

Liiketoiminnallisesta näkökulmasta artikkelikokoelmassa pureudutaan pörssisähköön ja selvitetään sitä, miten aurinkosähköjärjestelmät voisivat kytkeytyä osaksi pörssisähköä ja mitä taloudellista hyötyä se voi tuottaa. Tarkastelussa on myös uudet liiketoimintamahdollisuudet aurinkosähköalalla. Kyseisessä artikkelissa avataan PK-yrityksille suunnatun kyselytutkimuksen tuloksia ja se kertoo muun muassa innovatiivisista lähestymistavoista aurinkoenergian suhteen, sekä markkinatilanteesta. Kokoelman viimeinen artikkeli kertoo lukijalle aurinkoenergian hyödyntämisestä saarekekäytössä.

Hankkeen ohjausryhmä on arvioinut Solarctic-hanketta, sen tuotoksia ja vaikutuksia positiivisesti. Ohjausryhmä on todennut, että hanke on onnistunut vastaamaan alueen tarpeeseen lisätiedolle aurinkoenergiasta ja että sen keräämä tieto on arvokasta niin alueen toimijoille kuin laajemmalle yleisölle. Hankkeen vaikutukset voivat ulottua energiasektorin kehittämiseen, yritysten päätöksentekoon ja alueen asukkaiden tietoisuuden lisäämiseen aurinkoenergian mahdollisuuksista.

Lähteet

Yle 2023. Suomeen nousee aurinkopaneelipeltoja sellaista vauhtia, että asiantuntija nostaa esille jo uhkia. Viitattu 9.8.2023. <https://yle.fi/a/74-20021701>

Fortum 2023. Mikä ihmeen energiamurros? Viitattu 10.8.2023. <https://www.fortum.fi/tietoameista/uutiset-ja-julkaisut/tietopaketti-medialle/mika-ihmeen-energiaturros>

Auringosta energiaa Lapissa - Lapin aurinkosähkön kehitys

Tuomas Kelloniemi

Johdanto

Aurinkosähköä ei perinteisesti ole mielletty kannattavaksi Lapin leveysasteilla. Tähän on kuitenkin tullut muutos, kun yhä useampi yritys ja yksityinen asukas ovat hankkineet katoilleen aurinkovoimaloita, mikä on osaltaan lisännyt tietoa Lapin aurinkosähkön tuotannon kannattavuudesta ja toimivuudesta. Solarctic-hankkeessa seurattiin aurinkosähkön kehitystä Lapin alueella ja käytiin läpi kehitykseen johtaneita syitä. Arvioitavana oli myös tulevaisuuden kasvun potentiaali aurinkoenergian tuotannossa Lapissa ja tämän mahdollistavat muutokset Suomessa ja maailmalla.

Aurinkoenergian tuotanto Lapissa

Lapin korkeudella vuodenajat vaikuttavat suuresti otollisiin aurinkosähkön tuotantoaikoihin. Talvikuukausina Lapissa on kaamos ja vähäinenkin auringonvalo tulee maahan hyvin pienellä kulmalla. Tällöin auringon säteet kulkevat pitkän matkan maan ilmakehän läpi ja paneelille asti tuleva energia on vähäinen. Pimeyden lisäksi lumikerros on yleensä paksu ja peittää paneelit alleen estäen vähäisenkin valon pääsyn, mikä näkyy kuvan yksi talven ja kevään tuotantoarvoissa. Vastapainona talvelle on kesän yötön yö, jolloin auringosta saadaan energiaa lähes Etelä-Suomen veroisesti.

Mutta vaikka aurinko paistaakin kesällä suuressa osassa lappia vuorokauden ympäri, on sen kulma iltaisin ja öisin sähköntuotannon kannalta liian lähellä horisonttia, mistä johtuen auringon säteet vaimenevat matkatessaan ilmakehän läpi. Suora auringolta saatava säteilyteho neliometriä kohden

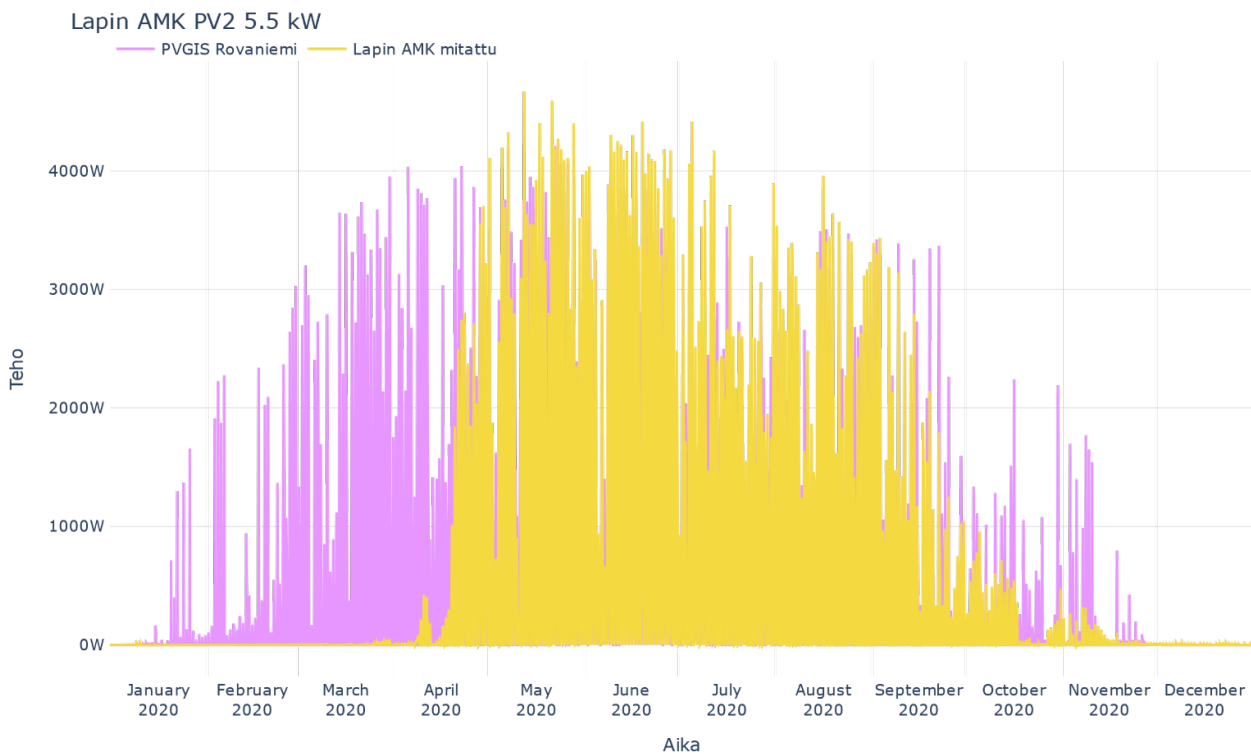
$$IB=Ae^{-km} \quad (1)$$

Missä A on ilmakehän ulkopuolisen kohdan auringon säteilyteho, k on optinen syvyyskerroin ja m on ilmamassakerroin. Ilmamassakerroin on kääntäen verrannollinen auringon ja horisontin välisen kulman siniin (Masters, 2004). Vaimennus on kaavan mukaan sitä suurempi mitä pienempi on horisontin ja auringon välinen kulma. Maan pyöriessä päiväntasaajan ympäri, käy kulma korkeammalla etelässä kuin pohjoisessa. Tästä johtuen auringon kulma nousee eteläisessä suomessa nopeammin ja korkeammalle kuin pohjoisessa. Pohjoisen yöttömänä yönä, ilmakehän aiheuttama vaimennus suoraan auringonpaisteeseen, on noin kaksi kolmasosaa.

Aurinkopaneelit keräävät energiaa suorasta säteilystä, ilmakehän hajasäteilystä ja heijastumisesta. Epäsuoran hajasäteilyn määrä on Suomessa vuoden aikana noin puolet aurinkopaneelilla saatavan kokonaissäteilyn määrästä, mistä johtuen Suomessa ei ole kannattavaa tehdä aurinkoa seuraavia aurinkosähköjärjestelmiä (Motiva, 2019). Lapissakin aurinkosähköjärjestelmät ovat tyypillisesti rakennuksiin kiinteillä kulmilla asennettuja BAPV-

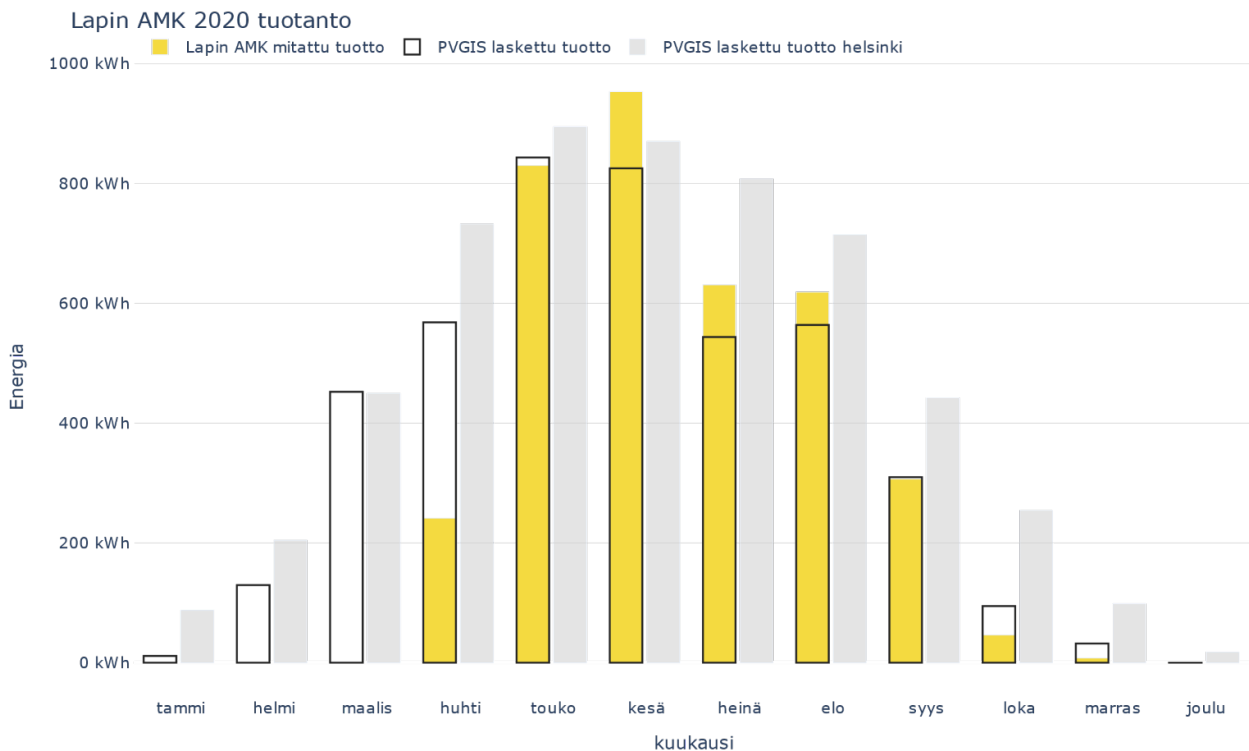
paneelikenttiä (*Building Applied Photovoltaics*). Solarctic -hankkeessa mukana olevien pilottikohteiden paneelikentät ovat kaikki kyseisellä tavalla rakennuksiin asennettuja järjestelmiä.

Kuvassa yksi on keltaisella värillä Lapin ammattikorkeakoulun Jokiväylän kampuksen katolle asennetun paneelikentän vuoden 2020 tuotanto, sekä vaaleanpunaisella värillä Euroopan Unionin avoimen PVGIS-rajapinnan kautta haettu laskennallinen tuottoarvo paneelikentän arvoilla.



Kuva 1. Lapin AMK Jokiväylän kampuksen toisen paneelikentän vuoden tuotanto(keltainen) ja laskennallinen tuotanto kokonaissäteilyn määrästä (vaaleanpunainen).

Huomionarvoista kuvassa on kevään päivien puuttuminen tuotannosta verrattuna laskennallisiin arvoihin. Lumipeite leikkasi vuoden 2020 kokonaistuotannosta seitsemäntoista prosenttia säteilyn määrän mahdollistamaan nähden. Tätä voidaan havainnollistaa energian kuukausittaisten kertymien avulla kuvan kaksi mukaisesti.

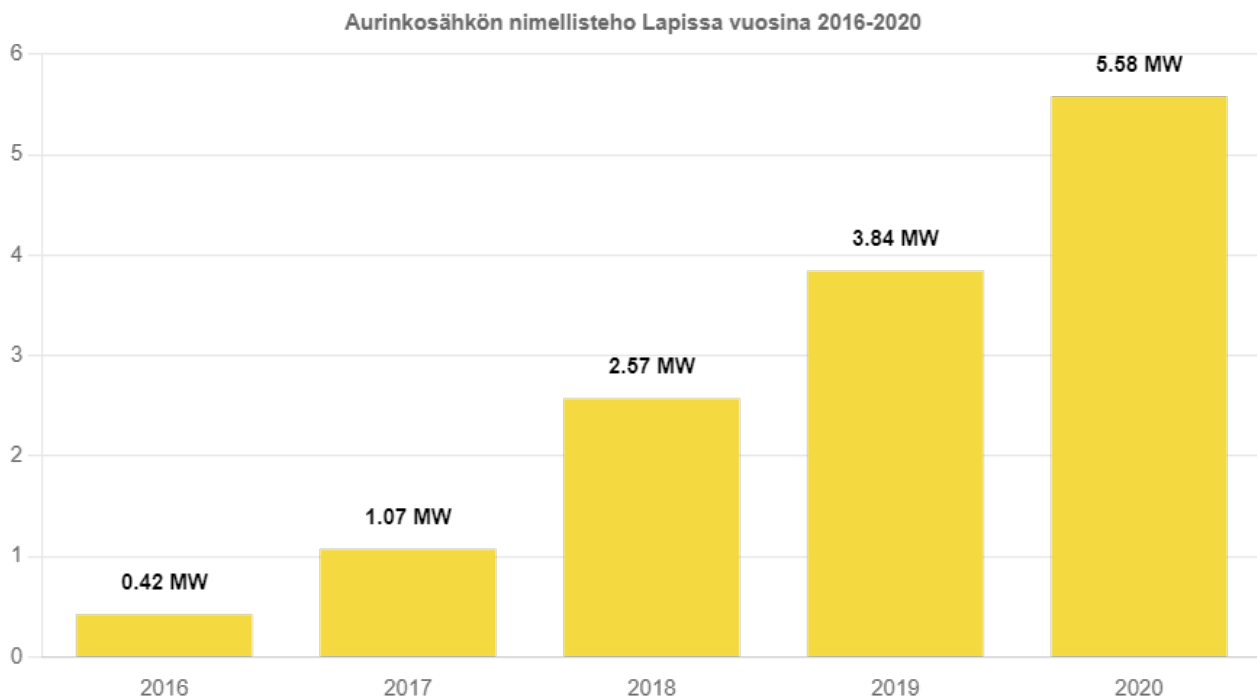


Kuva 2. Lapin AMK Jokiväylän kampuksen toisen paneelikentän vuoden kuukausittaiset energiat ja laskennalliset tuotantoarvot kokonaissäteilyn määrästä Rovaniemen ja Helsingin korkeudella.

Energian tuotannossa suurin ero Rovaniemen ja Helsingin välillä tulee syksyn ja talven kuukausina. Auringon säteilymäärien arvoilla vuoden kokonaisenergia Rovaniemen korkeudella on noin 78 prosenttia Helsingin vastaavasta.

Aurinkosähkön suosio kasvaa

Aurinkosähkön tuotanto on Suomessa ja Lapissa ollut perinteisesti alle megawatin koon aurinkosähköjärjestelmillä toteutettua mikro- ja pientuotantoa. Yli kahden megawatin teollisen mittakaavan aurinkovoimaloita on valmiina Suomessa kaksi: Seinäjoella ja Lempäälässä, joiden lisäksi yli yhden megawatin voimaloita on kuusi. Kasvun suhteellinen määrä tehoon nähden on energiaviraston tilastojen mukaan vuodesta 2015 vuoteen 2020 mennessä ollut yli kymmenkertainen (Energiavirasto, 2022a). Lapissa kasvu on ollut vielä tätäkin suurempaa johtuen lähinnä matalasta lähtötasosta, mikä näkyy kuvassa kaksi olevassa Energiaviraston sähkönsiirtoyhtiöiltä vuosittain keräämien asennetun aurinkosähkön pientuotannon nimellistehosta sähköverkossa Lapin alueella.



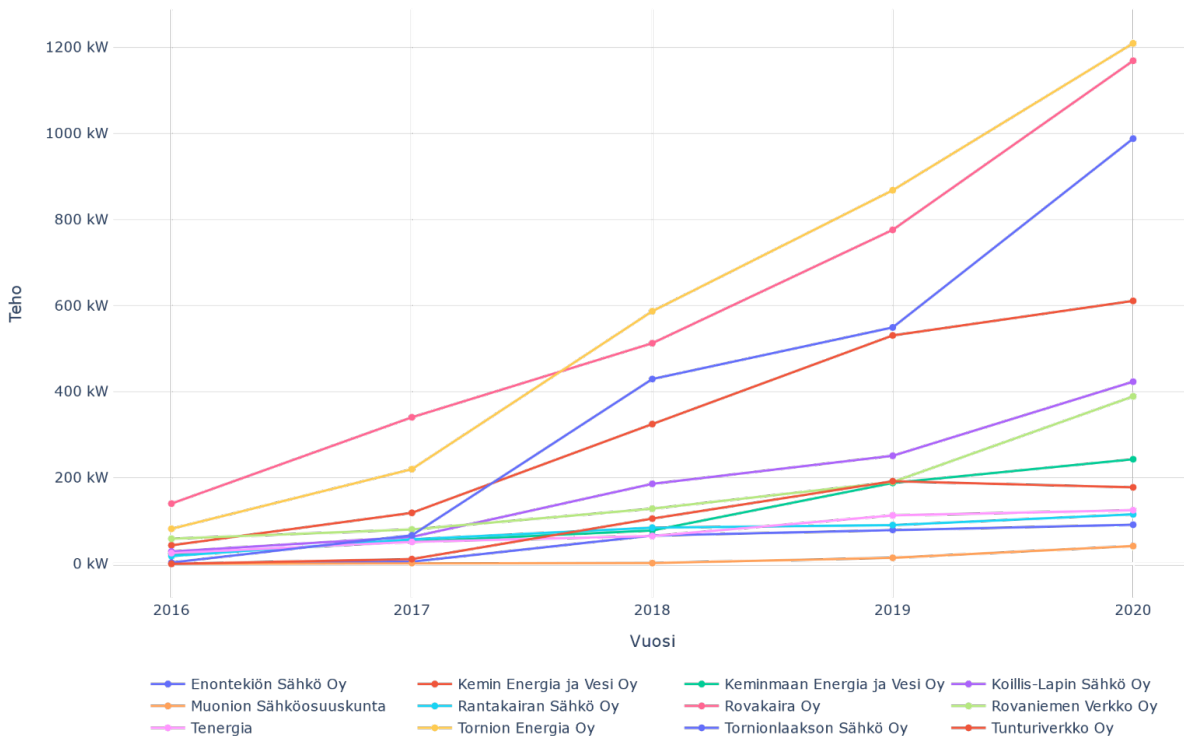
Lähde: <https://energiavirasto.fi>, Ranuan ja Posion tiedot puuttuvat

Kuva 3. Asennettujen aurinkosähköjärjestelmien tehollisen määrän kasvu lapissa. (Mukaiillen Energiavirasto, 2022b)

Aurinkosähkön pientuotannon nimellisteho on kuvaajan mukaan vuodesta 2016 vuoteen 2020 yli kymmen kertaistunut vajaasta puolesta megawattista yli viiteen ja puoleen megawattiin. Solarctic-hankkeeseen osallistuvien pilottikohteiden yhteenlaskettu nimellisteho on 960,82 piikkikilowattia, mikä on vajaa viidennes koko lapin vuoden 2020 tuotantokapasiteetista. Kuvaajasta puuttuvien Ranuan ja Posion sähkön siirtoverkkoyhtiönä toimii Caruna, joka on suomen suurin eikä kuntakohtaisia arvoja ole saatavilla.

Aurinkosähkön kannalta kolme suurinta siirtoverkon aluetta ovat Tornion Energia Oy, Rovakaira Oy ja Torniolaakson Sähkö Oy. Eniten aurinkosähköä on asennettu selvästi Länsi-Lappiin Länsi-Pohjan ja Torniolaakson alueelle, jonka siirtoverkkoyhtiöiden ilmoittamien aurinkosähkön nimellistehon osuus oli vuonna 2020 noin 60 % koko Lapin nimellistehosta. Tämä on verrattain paljon, kun alueen pinta-ala on noin neljännes koko lapin pinta-alasta.

Sähköverkkoyhtiöiden ilmoittamat nimellistehot 2016-2020



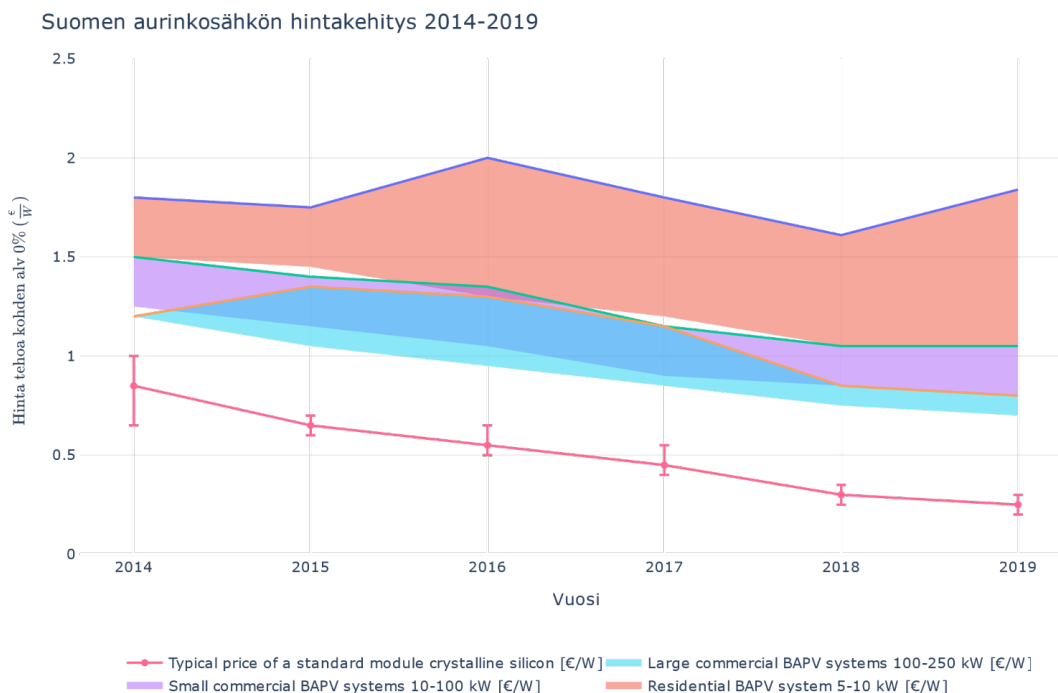
Kuva 4. Lapin alueen sähkösiirtoyhtiöiden ilmoittamat Aurinkosähkön pientuotanto kapasiteetit vuosilta 2016-2020. (Mukaien Energiavirasto, 2022b)

Aurinkosähkön määrät ovat kasvaneet tasaisesti jokaisen lapin sähkön siirtoverkon alueilla. Suuret yli 200 kW järjestelmät näkyvät Torniolaakson Sähkön Oy:n käyrässä vuosittaisina hyppäyksinä. Kyseisen kokoluokan voimalan rakentaminen näkyisi minkä tahansa siirtoyhtiön luvuissa, joten kasvunvaraa siltäkin osalta on.

Kasvun tekijät

Kasvaneeseen aurinkosähkön suosioon ovat vaikuttaneet järjestelmien alentuneet hinnat, hankinnan rahoitusta kattaneet tuet, lisääntyneet rahoitusmallit, aurinkosähköön liittyvät laki- ja asetusmuutokset sekä yritysten julkikuvan parantaminen konkreettisilla ilmastotoimilla.

Lappeenrannan teknillisen yliopiston IEA PVPS:lle (*International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme*) tekemien aurinkosähköjärjestelmien käyttöä seuraavien maakohtaisten tutkimusten mukaan aurinkopaneelien ja aurinkosähköjärjestelmien hinnat ovat olleet Suomessa laskussa. Tutkimuksessa kerätyt hinta tiedot ovat peräisin aurinkosähköjärjestelmiä Suomessa myyviltä yrityksiltä (IEA PVPS, 2019).



Kuva 5. Aurinkopaneelien ja aurinkosähköjärjestelmien hintakehitys Suomessa. (Mukaillen IEA PVPS, 2019)

Paneelien hintojen muutosta kuvaava käyrä on kuvassa alimpana, missä piste keskellä on keskiarvoinen paneelin hinta ja hintojen vaihteluväli merkattuna pystyjanoilla. Hinta on kuvaajassa euroa per watti, joten käännettynä esimerkiksi 300 Wp paneeliin hinta olisi ollut vuonna 2014 $0,85 \cdot 300 = 255 \text{ €}$ ja vastaavasti vuonna 2019 $0,25 \cdot 300 = 75 \text{ €}$. Todellisuudessa hinnan lasku johtuu useasta tekijästä, joista yksi on paneelien hyötysuhteen paraneminen. Kun koko luokka ja valmistusmateriaalit ovat pysyneet samana, vaikuttaa tämä luonnollisesti euroa per watti alentavana kehittyneen paneelin tehon kasvaessa. Toinen laskua selittävä tekijä on globaalisti laskenut markkinahinta ja tuotannon siirtyminen halvan tuotannon alueelle aasiaan (IEA PVPS, 2019).

Kuvaajassa paneelin hintojen yläpuolella olevat aluekuvaajat ovat aurinkosähköjärjestelmien hintatasoa kuvaavia alueita. Aurinkosähköjärjestelmät ovat euroa per watti asteikolla halvempia mitä isommista järjestelmistä on kyse, joten alueiden yläreuna on ilmoitetun teholuokan alin arvo ja alareuna ylimmän teholuokan arvo kyseisellä alueella. Ylin ja kallein alue on kuluttajille myytävien aurinkosähköjärjestelmien euroa per watti kuvaaja 5 kW - 10 kW teholuokan järjestelmistä. Kuluttajille myytävien järjestelmien hinnassa on eniten vaihtelua, mikä johtuu vaihtelevammasta kohdekohtaisesta asennus hinnasta verrattuna yritysikohteisiin (IEA PVPS, 2019). Keskimäinen on yrityksille tarjottavat 10 kW - 100 kW teholuokkien aurinkosähköjärjestelmät ja alimmainen on 100 kW - 200 kW teholuokkien aurinkosähköjärjestelmät. Hinnan muutoksen esimerkkinä 100 kW systeemin hinta kuvaajan mukaan vuonna 2014 oli 125 000 €, mistä se oli laskenut vuoteen 2019 mennessä 80 000 €.

Aurinkosähköjärjestelmien hankintaan ovat yritykset saaneet Business Finlandin energiatukea vuodesta 2018 lähtien yli kymmenen tuhannen euron ja alle viiden megawatin aurinkosähköjärjestelmän hankintaan. Alun perin tuki oli 25 % järjestelmän hankintakustannuksista, kun nykyinen tuki on 15 %. Yrityksille aurinkosähköjärjestelmiä myyvät yritykset yleensä laskevat ja tekevät tukihakemukset valmiiksi kohteisiin. Yksityisen puolen tukimuodoista on ollut käytettävissä pääasiassa kotitalousvähennys, mikä korvaa 40 % tehdyn asennustyön määrästä. Tämä on yksityisten kohteisiin aurinkosähköjärjestelmiä hankkivan itse haettava veroilmoituksessa. Tukimuotojen lisäksi aurinkosähköjärjestelmiä myyvien ja asentavien yritysten palvelut ovat lisääntyneet vuokraus ja fyysisen PPA-sopimusmallin (*Power Purchase Agreement*) hankintajärjestelyihin, missä aurinkovoimalan asiakkaalle rakentaa ja omistaa sen myyvä yritys ja sähkön tuoton asiakas voi ostaa sovitulla kiinteällä hinnalla koko sopimuskauden ajan (Suomen Tuulivoimayhdistys, 2019).

Aurinkosähkön hankintaa helpottavista lakimuutoksista yksi merkittävä on 2017 tullut muutos maankäyttö- ja rakennuslakiin toimenpidelupaan liittyvät helpotukset. Toimenpidelupa nykyisessä laissa vaaditaan, jos hanke vaikuttaa merkittävästi kaupunkikuvaan tai ympäristöön (MRL 126a §). Lisäksi on tarkistettava kunnan rakennusjärjestyksestä kuntakohtaiset määräykset aurinkosähköhankkeita kohden. Tämän johdosta ennen hankkeiden aloitusta on oltava yhteydessä kunnan rakennusvalvontaan (ELY-keskus, 2021). Aurinkosähkön kannattavuuteen vaikuttaviin lakeihin ja asetuksiin on tulossa lisää muutoksia, joista jo osa voi vaikuttaa nykyiseenkin kasvuun ennakolta. Vuoden 2021 alusta voimaan tullut asetus energiayhteisöistä mahdollistaa asuntoyhtiöiden tuottaman aurinkoenergian käytön asukkaiden käyttöön. Siirtymisestä tuntinetotukseen vuoden 2023 alusta lisää omakäyttöastetta ja lyhentää takaisinmaksuaikaa jo asennetuillakin järjestelmillä. Osalle hankinnan tehneistä Lappilaisista yrityksistä on aurinkosähkövoimalan rakentamisella myös haettu yrityksen imagoa nostattavaa vaikutusta.

Yhteenveto

Aurinkosähkön tuottaminen Lapissa on lyönyt läpi ja kasvu on viimeisen viiden vuoden aikana ollut huimaa. Eikä kasvulle ole odotettavissa pidemmällä aikavälillä loppua ilmastotoimien, halpenevien järjestelmien ja kasvavien sähkön hintojen ansioista. Muuttuvat lait ja asetukset luovat pohjaa tulevalle kasvulle, mikä tulee lisäämään aurinkosähköjärjestelmien määrää myös Lapissa. Aurinkosähkölle potentiaalista kattopinta-alaa Lapissa on paljon, mistä suurin osa jää auttamatta hyödyntämättä mutta jo murto-osan käyttöön ottaminen tulee lisäämään nykyisien yksittäisten tuottajien määrää huomattavasti.

Lähteet

Energiavirasto, 2022a. Aurinkosähkön tuotantokapasiteetti kasvoi 45 prosenttia vuonna 2020 - pientuotantoa lähes 300 megawattia. Viitattu 11.03.2022. <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-tuotantokapasiteetti-kasvoi-45-prosenttia-vuonna-2020-pientuotantoa-lahes-300-megawattia>

Energiavirasto, 2022b. Verkkotoiminnan julkaisu. Viitattu 11.03.2022. <https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-julkaisut>

ELY -keskus, 2021. Uusiutuvan energian tuotantolaitosten lupamenettelyt ja muut hallinnolliset menettelyt, Menettelykäsikirja hakijoille. Viitattu 18.3.2022. <https://www.ely-keskus.fi/documents/44517405/0/Menettelyk%C3%A4sikirja+2022.pdf/0d83b61b-a18e-7d54-5083-41ffbaedd2bf?t=1667475643062>

Gilbert M. Masters, 2004. Renewable and Efficient Electric Power Systems. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. ISBN: 0-471-668834

IEA PVPS, 2019. National Survey Report of PV Power Applications in FINLAND 2019. Viitattu 11.03.2022. https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/09/NSR_Finland_2019.pdf

Motiva, 2021. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. Viitattu 17.3.2022. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Suomen Tuulivoimayhdistys, 2019. Power purchase agreements – Pitkäaikaiset sähkönostosopimukset Informaatiomateriaali. Viitattu 22.3.2022. https://www.tuulivoimayhdistys.fi/media/sty_ppa_materiaalipaketti_final_20180211.pdf

Aurinkosähköjärjestelmien pilottikohteet Solarctic-hankkeessa

Juha Autioniemi & Tuomas Kelloniemi

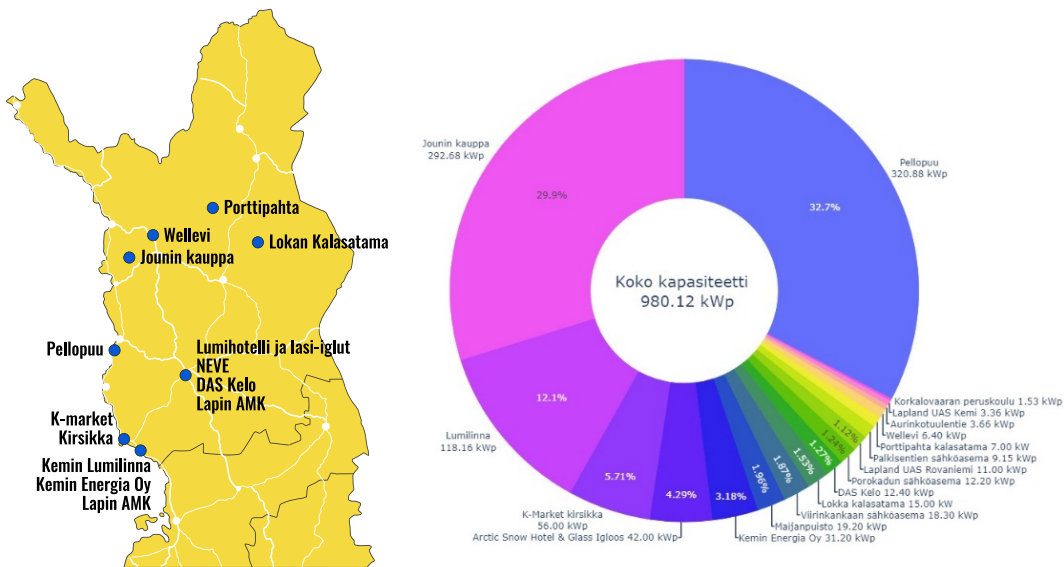
Johdanto

Artikkelissa esitellään Solarctic-hankkeen pilottikohteet ja käydään läpi niiden koot, kokonaistuotannon ja sijainnit Lapissa. Yksittäisesti pilottikohteista käydään läpi käyttökohteen tarkoitus sekä annetaan kuva pilottikohteiden tuotannon tehokkuudesta laskettujen ominaistuottoarvojen perusteella. Lopuksi kerrotaan tuotantodatan tiedonkeruusta, tallennusmenetelmistä ja millä tavoin se on saatavilla.

Kokonaiskuva pilottikohteista ja kokonaistuotannosta

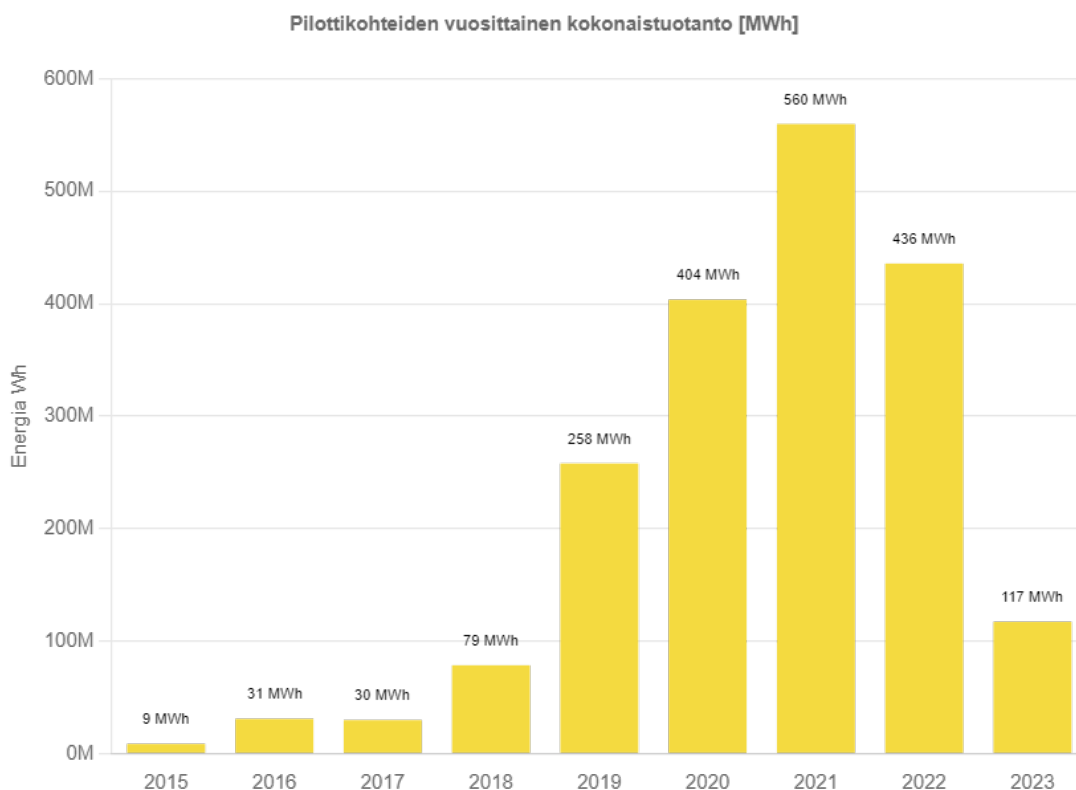
Solarctic-hankkeessa on 18 pilottikohdetta eri puolilta Lappia. Eteläisimmät kohteet sijaitsevat Kemissä ja pohjoisimmat Kittilän ja Sodankylän kuntien alueella. Pilottikohteista kolme on yli 100 kVA sähköverovelvollisia pienvoimaloita ja loput ovat tätä pienempiä verovapaita mikrovoimaloita kokoluokasta muutamasta kilowatista kymmeneen kilowatteihin. Yritysomisteisia kohteita on yhdeksän sekä kunnan, kiinteistöyhtiön tai yksityisomisteisia yhdeksän. Kohteiden yhteenlaskettu asennettu nimellisteho on 980,12 kWp, mistä kaksi suurinta kohdetta Jounin Kauppa ja Pellopuu kattavat yhdessä hieman vajaat kaksi kolmasosaa.

Määrällisesti eniten eli puolet kohteista sijaitsevat Rovaniemen seudulla, mutta näiden yhteenlaskettu kapasiteetti on vain vajaa seitsemäsosa koko kapasiteetista. Kemin ja Tornion alueelta on mukana neljä pilottikohdetta, jotka kattavat hieman yli viidesosan koko kapasiteetista. Pilottikohteista vanhin on aloittanut toimintansa vuonna 2011 ja uusin vuonna 2022. Pilottikohteiden aurinkovoimaloiden tuotantoa mitataan ja tallennetaan Lapin ammattikorkeakoulun palvelimille. Kaiken kaikkiaan puolet kohteista on otettu käyttöön ennen hankkeen käynnistymistä ja puolet hankkeen aikana, mistä johtuen tilastoidut tuotannon arvot ovat kasvaneet.



Kuva 1. Pilottikohteiden sijainnit kartalla (Kuva: Kalliokoski Silvestre, I. 2020) ja niiden suhteelliset koot.

Tuotannon mittauksessa ja eri kohteissa on ollut käyttökatkoksia, joten kerätyssä tuotannossa on nähtävissä vuosittaista vaihtelua. Eikä koko pilottikohteiden kapasiteetilla toimivalla järjestelmällä vuosittaista energian määrää ole kerätty. Kokonaisuudessaan pilottikohteet ovat tuottaneet toukokuuhun 2023 mennessä yhteensä 1929 MWh sähköenergiaa, mikä vastaa noin sadan omakotitalon sähkönkulutusta vuodessa (Motiva, 2023). Vuosikohtaiset tuotantoarvot ovat kuvassa kaksi, mistä puuttuvat vuosien 2011–2014 välinen tuotanto eli yhteensä noin 7,3 MWh.



Kuva 2. Pilottikohteiden vuosituotannot vuodesta 2015 toukokuuhun 2023.

Suurimmillaan tuotanto on ollut vuonna 2021, jolloin pilottikohteet tuottivat yhteensä 560 MWh. Tällöin pilottikohteilta saadun mittausdatan mukaan käyttöaste kapasiteettiin nähden on ollut suurimmillaan eli putteita mittausdatassa on tältä ajalta vähiten. Tarkempaa tietoa ja lisää kuvaajia pilottikohteiden tuotannosta voi tarkastella Solarctic -hankkeen kotisivuilta nettiosoitteesta <https://www.tequ.fi/fi/project-bank/solarctic/pilottikohteet/>.

Läpileikkaus pilottikohteista ja aurinkosähkön käytöstä

Pilottikohteissa olevat aurinkosähköjärjestelmät ovat verkkoon kytkettyjä järjestelmiä, joissa aurinkopaneeleilla tuotettu tasasähkö muutetaan vaihtosuuntaajalla vaihtosähköksi. Pilottikohteissa on käytössä kolmen valmistajan vaihtosuuntaajia; ABB, Fronius ja SMA. Paneelivalmistajissa ja tyypeissä on enemmän vaihtelua, mutta ne koostuvat Euroopassa tai Aasiassa valmistetuista yksipuoleisista yksi- tai monikide paneeleista.

Pilottikohteissa on erilaisia konfigurointeja vaihtosuuntaajien määrän paneelikentän tai -kenttien koon ja tehojen suhteen. Konfiguraatiotarpeet ovat tulleet pitkälti asennuskohteesta eli miten paneelikentät saadaan asennettua ja suunnattua, mikä määrää paneeleita on kentässä, kuinka monta MPPT:tä (Maximum Power Point Tracking) vaaditaan sekä millä määrällä ja minkä tehoisilla vaihtosuuntaajilla tämä on saatu toteutettua.

Taulukko 1. Pilottikohteiden tiedot koon mukaan järjestettynä.

Pilottikohde	Vaihtosuuntaaja(t) sähköteho	Asennettu Kapasiteetti	Ominaistuot to [kWh/kWp]
Pellopuu	Katos: SMA 4 kpl 200 kW Seinä: SMA 2 kpl 60 kW	K:243.6 kWp S:77.28 kWp	K: 579 S: 497 ***
Jounin Kauppa	ABB 5 kpl 250 kW	292,68 kWp	565
Kemin Lumilinna	SMA 2 kpl 100 kW	118,16 kWp	735
K-Market Kirsikka	SMA 1 kpl 50 kW	56,00 kWp	626
Lehtojärvi	Fronius 2 kpl 40 kW	42,00 kWp	597
Kemin Energia ja Vesi Oy	SMA 2 kpl 30 kW	31,20 kWp	789
Maijanpuisto	Fronius 1 kpl 20 kW	19,20 kWp	348 *
Viirinkankaan sähköasema	ABB 2 kpl	18,30 kWp	-**
Lokan kalasatama	Fronius 1 kpl 15 kW		-**
DAS Kelo	SMA 1 kpl 10 kW	12,40 kWp	747
Porokadun sähköasema	Fronius 1 kpl 12,5 kW	12,20 kWp	478
Lapin AMK Rovaniemi	Fronius 2 kpl 10 kW	11,00 kWp	660
Palkisentien sähköasema	Fronius 1 kpl 10 kW	9,15 kWp	479
Porttipahta kalasatama	Fronius 1 kpl 7 kW		-**
Wellevi	SMA 2 kpl 6 kW	6,40 kWp	546
Aurinkotuulentie	Fronius 1 kpl 3 kW	3,66 kWp	631
Lapin AMK Kemi	ABB 1 kpl 3,3 kW	3,36 kWp	787
Korkalovaaran peruskoulu	SMA 1 kpl 1,5 kW	1,53 kWp	764
* Maijanpuistosta ei ole täydellistä vuoden dataa ** Osa lähtötiedoista tai data puuttuu ** Pellopuun data keskiarvo useamman täysien mittausdatan kuiden arvoista laskettu			

Pilottikohteista suurin osa on ylimitoitettulla vaihtosuuntaajaa kohden asennetun paneelikentän tehon suhteella. Tämä on yleensä haluttu asennustapa johtuen vaihtosuuntaajaan toiminnasta. Vaihtosuuntaajien MPPT:ssä on tasajännitteelle toiminta-alue, jonka jännite tulee paneelikentältä. Ylimitoittamalla systeemi saadaan paneelien toiminta-aikaa lisättyä ja vähennettyä kuumuuden aiheuttamaa paneelin kWp tehon alenemaa. Kaikki tämä lisää vuosittaista kokonaisenergian saantia ja paneelien määrän lisäyksen tuoma kustannusero ei ole saavutettuun hyötyyn nähden suuri. (Partlin, 2022)

Suurimmat kohteet ovat yritysten käytössä olevia aurinkovoimaloita, joiden tuottama sähkö menee pääosin yrityksen omiin tarpeisiin. Kaupat käyttävät tuottamansa sähkön kesäaikaan tuotteiden jäädytyksessä ja ilmastoinnissa. Pellopuu kattaa aurinkosähköllä osan tehtaan laitteiden viemästä sähkönkulutuksesta. Kemin Lumilinnassa aurinkosähköllä pidetään kesäisin yllä ympärivuotista jää ja lumiveistos tilaa, kun taas Lehtojärven kohteessa aurinkosähköllä pidetään yllä jään ja lumen säilytystilan jäädytystä.

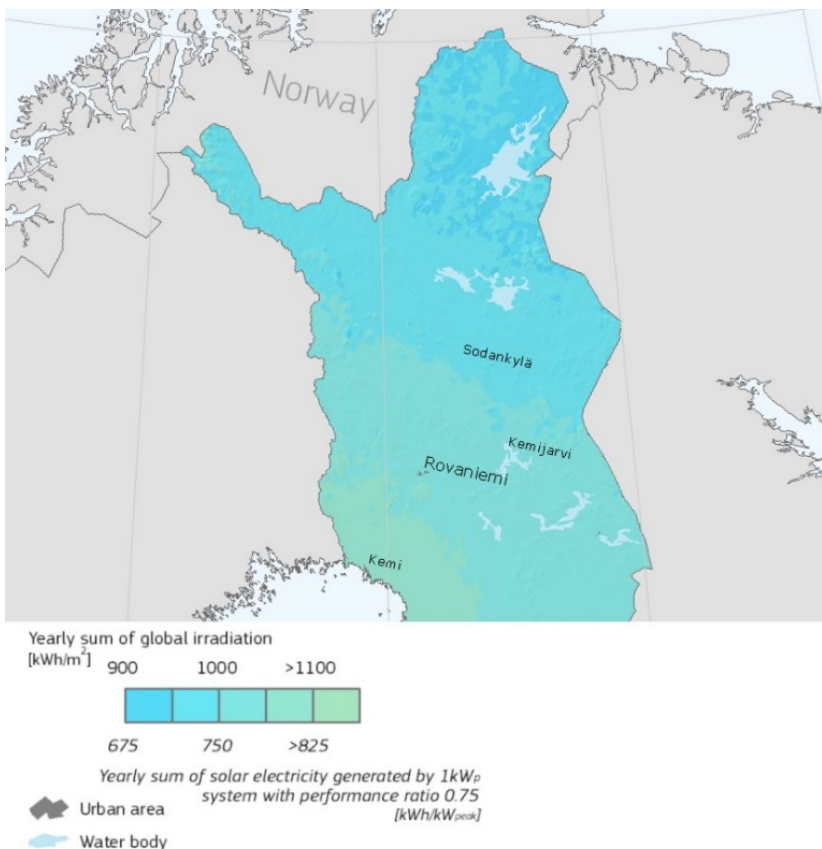
DAS Kelo ja asuntoyhtiö Maijanpuisto ovat asuinkerrostaloja. DAS kelo on perinteisempi kohde, jossa aurinkopaneelit ovat mitoitettu talotekniikan ja yhteisten tilojen sähkön kattamiseen ja ylijäämäsihvö myydään. Paneelien lisäksi kohteessa on myös 16 kWh Sonnen valmistama talo akku. Maijanpuiston aurinkosähköjärjestelmä on takamittaroitu

energiayhteisö, missä talotekniikan kulutuksen jälkeen ylijäämä aurinkosähköstä jaetaan asukkaiden käyttöön ennen ulosmyyntiä.

Sodankylän tekojärvien kalasatamien aurinkosähköjärjestelmillä ylläpidetään kalasatamien toimintoja kesäisin mm. jääntuottamista kalansäilytystä varten. Energiayhtiöiden aurinkosähköjärjestelmät ovat asennettu vapaaseen kattotilaan yhtiöiden omistamien rakennusten katoille.

Lapin AMK:n kampuksilla olevissa aurinkosähköjärjestelmiä käytetään opetuskäytössä ja tutkimus puolen toiminnoissa. Rovaniemen kampuksella olevassa pilottikohteessa on järjestelmään liitetty Sonnen 16 kWh ja Froniuksen 12 kWh talo akkujen myötä. Näiden lisäksi kohteessa on käytössä Froniuksen Ohmpilot, joka voidaan säätää lämmittämään ylijäämäsähköllä vettä varaajassa. Järjestelmä voidaan irrottaa verkosta kaksoiskytkennän avulla omaksi saarekkeekseen. Kemien kampuksen aurinkosähköjärjestelmä on yksi vanhimmasta ja on osana Lapin energiakoulun sähkön pientuotannon oppimisympäristönä. Pienempiä mukana olevia pilottikohteita voidaan käyttää referenssinä omakotitalo kohteissa.

Taulukossa yksi on tarkempia tietoja pilottikohteiden koosta ja keskimääräisestä vuosittaisesta ominaistuotosta. Ominaistuotolukujen perusteella Kemien alueen pilottikohteilla on paras tuottolukema paneelienten kokoa kohden.

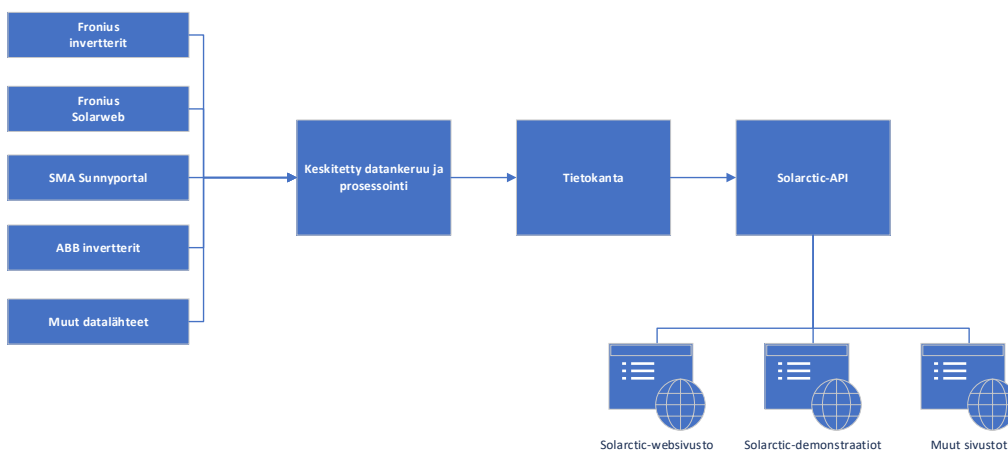


Kuva 3. Ominaistuotto Suomessa optimaaliselle kulmalle asennetulle aurinkopaneelille. (Kuva: Mukailien Huld, T. et al, 2023)

Verrattaessa kohteiden ominaistuottoja PVGIS:tä saatavaan kuvassa kolme olevaan ominaistuoton karttakuvaan optimikulmalle asennetulle paneelille, nähdään Kemin kohteiden toimivan lähellä optimikulman mukaisia yli 750 kWh/kWp arvoja (asteikossa kolme vasenta palkkia, alemmat lukemat). Rovaniemen kohteissa DAS Kelo ja Korkalovaaran peruskoulua lukuun ottamatta jäädyään alle 700 kWh/kWp lukemista, mikä ei ole ihan odotusten mukaista kartan antamaan odotusarvoon nähden. Osassa Rovaniemen kohteita ei selvästikään ole haettu parasta tuottoa, vaan asennettu voimalat olemassa oleviin rakenteisiin. Pohjoisen kohteissa ominaistuotto jää alle 600 kWh/kWp, mikä voidaan yksittäisten pilottikohteiden tuotantokuvaajia katsomalla selittää kevään tuoton puuttumisella lumipeitteen johdosta. Pohjoisen tuotannossa on nähtävissä myös enemmän vaihtelua vuosittain lumien sulamisajankohdan suuremman vaihtelun johdosta.

Tiedonkeruu ja rajapinta

Tyypillisesti jokaisella aurinkosähköjärjestelmien vaihtosuuntaajien valmistajalla on käytössään oma web-palvelu, jonne järjestelmä liitetään ja josta tuotanto- ja diagnostiikkatietoja voidaan monitoroida. Solarctic-hankkeessa järjestelmien tietoja kerätään useilla eri tavoilla, useista eri tietolähteistä sekä eri taajuuksilla riippuen järjestelmästä. Useimmat järjestelmät mahdollistavat automaattisen tiedonkeruun, osa hankkeen mittausdatasta on kerätty osittain manuaalisesti erilaisten työkalujen avulla. Kaikki mittausdata on kerätty ja prosessoitu keskitetysti tietokantaan, josta sitä jaetaan eteenpäin hankkeessa luodun rajapintasovelluksen avulla. Hankkeessa toteutetun tiedonkeruujärjestelmän arkkitehtuuri on kuvattuna kuvassa 4.



Kuva 4. Solarctic-hankkeen tiedonkeruujärjestelmän arkkitehtuuri.

Rajapintasovellus on nimeltään Solarctic-API ja se on saatavilla osoitteessa: <https://solarctic-api.tequ.fi>. Rajapinta on tyypillinen REST-rajapinta ja se on ohjelmoitu Node-RED-ympäristössä ja dokumentoitu interaktiivisesti Swagger-työkalulla. Rajapintasovellus on suunniteltu käytettäväksi pilvipalveluympäristössä.

Osa rajapinnan mittausdatasta, mm. Lapin AMKin omat aurinkosähköjärjestelmät, on suoraan julkisesti saatavilla. Lisäksi rajapinnan kautta on saatavilla yleistä tietoa Lapin ja Suomen

sähkötilastoista. Solarctic-APIa hyödyntävät hankkeen pilottikohteiden mittausdataa ja tilastoja esittelevä web-sivusto, hankkeessa toteutettujen demonstraatioiden web-sivustot ja lisäksi dataa ja tilastotietoja on mahdollista jakaa muille sivustoille.

Yhteenveto

Solarctic -hankkeen pilottikohteet ovat ripoteltu länsipainotteisesti ympäri Lappia. Mittausdataan voi tutustua hankkeen kotisivujen kautta ja dataan on mahdollista päästä käsiksi hankkeessa luodun rajapinnan kautta. Sivustolta ja rajapinnasta vapaasti nähtävillä oleva data on päivä-, kuukausi- ja vuositarkkuudella. Lapin ammattikorkeakoulun palvelimille ladattu data on vielä tätä tarkempaa, mihin osaan voi tutustua sivustoilta löytyvien demonstraatioiden kautta. Datankeräys palvelimille jatkuu ja saatavasta historiadatasta voi jatkossa seurata onko muuttuvalla ilmastolla vaikutusta Lapin aurinkosähkön tuotantoon, johon talven pituudella, kylmyydellä ja lumisuudella on oleellinen merkitys kokonaistuotannossa.

Lähteet

Huld, T. Pinedo-Pascua, I. 2023. Country and regional maps. European Commission – Joint Research Center Institute for Energy and Transport, Renewable Energy Unit, PVGIS. Viitattu 25.05.2023. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_index.html

Motiva, 2023. Teho- ja energiayksiköt. Viitattu 22.05.2023.

https://www.motiva.fi/ajankohtaista/energiasanasto_ja_yksikot/teho_ja_energiayksikot

Partlin, S. 2015. 7 Reasons Why You Should Oversize Your PV Array. SMA Blog post. Viitattu 23.05.2023. <https://www.sma-sunny.com/en/7-reasons-why-you-should-oversize-your-pv-array-2/>

Onko aurinkopaneelin kulmalla väliä: 45 vs. 90 asteen kulma

Tuomas Kelloniemi

Johdanto

Aurinkopaneelien kokovuoden tuotannon kannalta optimimaalinen asennuskulma on saatavilla olevien työkalujen ja kokemusperäisten arvioiden mukaisesti Lapissa noin 45°. Artikkelissa käydään läpi, miten vuodenajat vaikuttavat asennuskulmaan ja millä tavoin se näkyy tuotannonarvoissa. Vertailukohtana käytetään Pellopuu Oyn pilottikohteen katoksen 45° ja seinän 90° paneelikenttien tuotannonarvoista laskettuja ominaistuottoarvoja päivän, kuukauden ja vuoden tarkkuudella. Tarkasteltuna on myös teoreettinen tuotanto, jos paneelikentät olisivat toisessa asennossa sekä jos paneelikentät olisivat kesällä 45° asennuskulmassa ja talvella 90° asennuskulmassa.

Vuodenaikojen vaikutus optimaaliseen säteilykulmaan

Aurinkovoimaloiden paneelikenttien asennuskulmat määräytyvät yleisimmin katon profiilin mukaisesti. Harjakatoille paneelikenttä asennetaan lähes aina kiinteästi katon kulman mukaisesti. Tasakattoisissa rakennuksissa sekä maa-asennuksissa asennuskulma voidaan valita vapaammin käyttämällä asennustelineitä, joko kiinteällä tai kelluvalla asennustekniikalla. Lapissa asennuskulman valinnassa täytyy erityisesti huomioida talven lumikuorma paneeleille ja asennustelineiden kiinnityksille.

Katto ei kuitenkaan ole ainoa paikka rakennuksessa, johon aurinkopaneeleita voidaan asentaa. Seinä asennuksessa asennuskulma on todennäköisimmin 90°, mikä ei ole lainkaan optimaalinen: puolet vuorokaudesta paneelit ovat talon varjostamina, eikä keskipäivän aikaankaan auringon kulma paneelille ole kesäisin hyvä. Talvella lumen aikaan tilanne kuitenkin muuttuu 90° paneelille otollisemmaksi lumipeitteen maan heijastuvuutta eli albedoa lisäävästä vaikutuksesta, eikä paneeleihin mahdollisesti tarttuva lumi pysy paneelin pinnassa pitkiä aikoja. (Sähkötieto Ry, 2021)

Lähtökohdaltaan 45° asennuskulma on selkeästi optimaalisempi ja lähellä PVGIS työkalun sijaintiin ja ilmansuunnan mukaan laskemaa optimaalisinta 44° asennuskulmaa koko vuodelle. PVGIS työkalun antama optimaalisella arvolla saadaan paras kokonaistuotto vuoden ajalta kiinteällä kulmalla asennettuun järjestelmään, mutta se ei ole kuitenkaan paras asennuskulma tuottoa ajatellen vuoden jokaiselle kuukaudelle. (EU Science Hub, 2023a)

Optimaalisen asennuskulman määrittelemiseen vuoden jokaiselle päivälle tulee ottaa huomioon auringon sijainti taivaalla. Auringon kulma keskipäivän aikana eli suurin korkeus horisontista

$$\beta_{N=90^\circ} = \text{lat} + \delta, \quad (1)$$

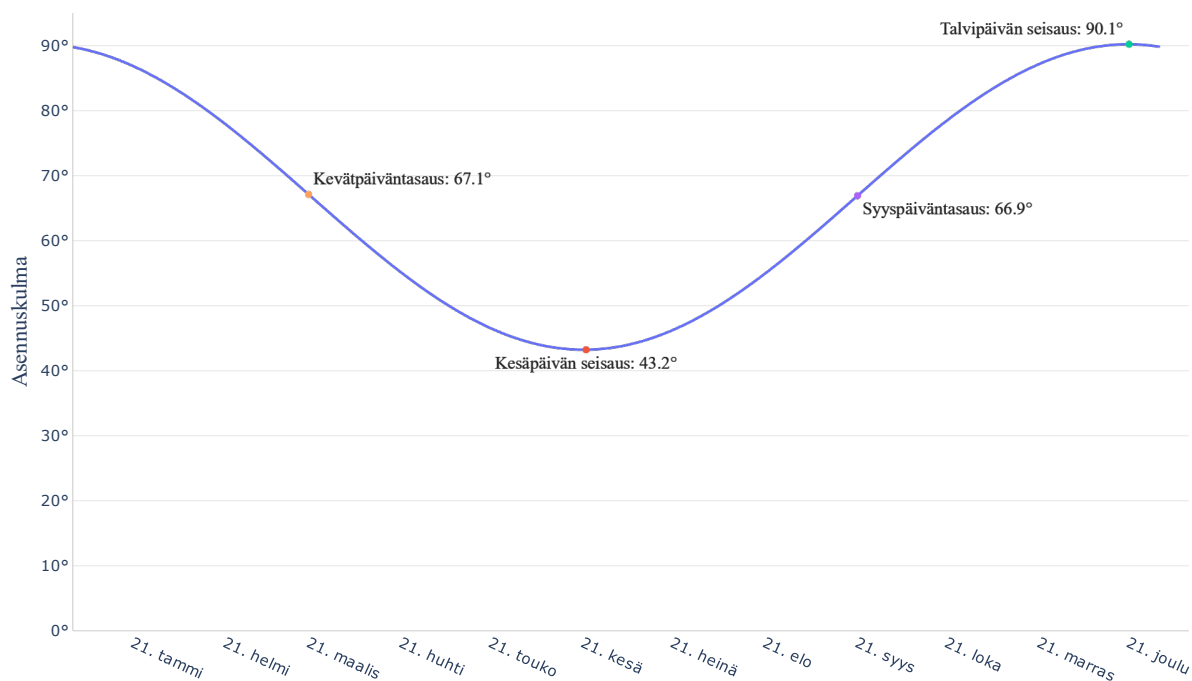
missä λ on leveysaste ja δ on päivän auringon deklinaatiokulma. Deklinaatiokulma vaihtelee talvipäivän seisauksen $-23,45^\circ$ kesäpäivän seisaukseen $23,45^\circ$. Deklinaatiokulman positiivisilla asteilla päivä on pidempi kuin yö ja negatiivisilla yö on pidempi kuin päivä. Deklinaatiokulma

$$\delta = 23,45^\circ \cdot \sin\left(\frac{(n-81) \cdot 360}{365}\right), \quad (2)$$

missä n on vuoden päivän järjestysnumero. Auringon kulmasta saadaan päivälle aurinkopaneelin optimaaliseksi kulmaksi

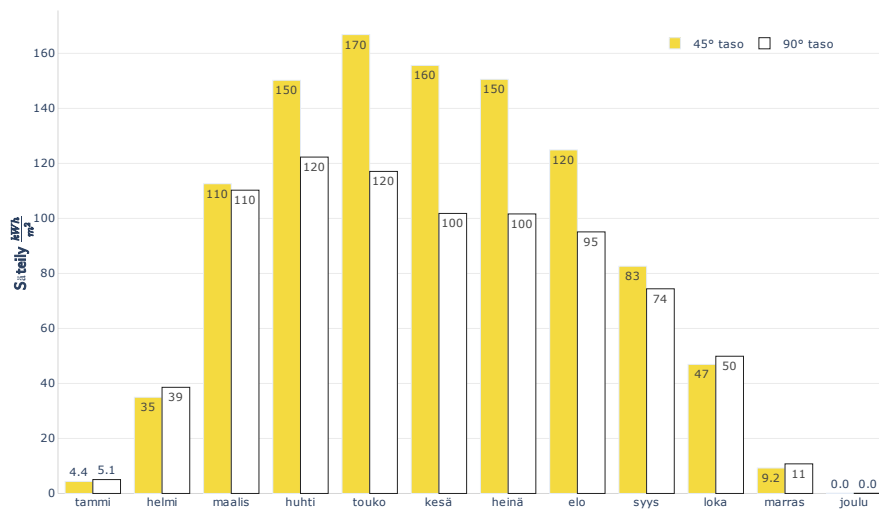
$$\beta = 90^\circ - \delta_N. \quad (3)$$

Tällöin napapiirin leveysasteelle voidaan laskea arvot jokaisen päivän optimikulman arvolle. (Masters, 2004)



Kuva 1. Aurinkopaneelin optimaalinen asennuskulma etelään suunnatulle paneelille.

Pienimmillään kulma on kuvan yksi mukaisesti keskikesällä kesäpäivän seisauksena $43,2^\circ$. Kevät- ja syyspäiväntasauksena optimikulma on kasvanut 67° . Talvipäivän seisauksena optimikulma on suurimmillaan n. 90° . Tuoton kannalta päivänpituus talvella on lyhyt, joten vuoden kokonaistuotannosta suuri osa saadaan kesällä. Optimikulma on suoralle säteilylle optimaalinen kulma, eikä se huomioi haja- tai heijastuvaa säteilyä.



Kuva 2. Keskimääräinen auringon kokonaissäteily kallistetulle pinnalle. (EU Science Hub, 2023b)

Kuvassa kaksi on PVGIS työkalulla lasketut keskimääräiset kuukausittaiset kokonaissäteilyarvot 45° ja 90° kulmille Pellopuun koordinaateissa vuosien 2005–2020 datasta. Säteilyarvoista nähdään, että puhtaasti kokonaissäteilyn mukaan 90° kulmaan asennetulla vuotuinen säteilyn määrä on 20 % pienempi kuin 45° kulmaan asennetulla. Suurin osa erosta tulee loppukevään ja kesän kuukausina. 90° kulmaan asennetulla kokonaissäteilyn kannalta saavutettu hyöty on talven kuukausina, jolloin kokonaissäteilyn määrä on pienimmillään. PVGIS-työkalun antamissa arvoissa ei todellisen tuotannon kannalta ole huomioitu lumipeitteen vaikutusta, eikä paikka kohtaisia varjostuksia tai heijastuksia. Työkalun laskema kokonaissäteily koostuu satelliitin ottamien kuvien perusteella lasketuilta suora- ja hajasäteilyn arvoista. (EU Science Hub, 2023a)

Pellopuu Oy:n aurinkovoimalat

Pellopuun aurinkosähköjärjestelmä koostuu kahteen eri asentoon asennetuista BAPV (Building Applied Photovoltaics) paneelikentistä. Suurempi 243,6 kWp paneelikenttä on asennettu ulkovarastojen katolle lounaan suuntaan noin 45° kulmaan, mikä on lähellä PVGIS-työkalun antamaa optimaalista asennuskulmaa kiinteälle asennukselle. Pienempi 77,28 kWp paneelikenttä on asennettu lounaan suuntaiselle seinälle noin 90° kulmaan, mikä on lähellä optimaalista talvipäivän seisauksen aikaista asennuskulmaa. Paneelikentät ovat ylimitoitettuja käytössä oleviin vaihtosuuntaajiin nähden yli 1,2 kertoimella, seinän paneelikentän ylimitoituksen olevan hieman katosta suurempi. Katoksen voimalassa on neljä 50 kW kolmivaiheista vaihtosuuntaajaa ja seinässä on 50 kW ja 10 kW kolmivaiheiset vaihtosuuntaajat.



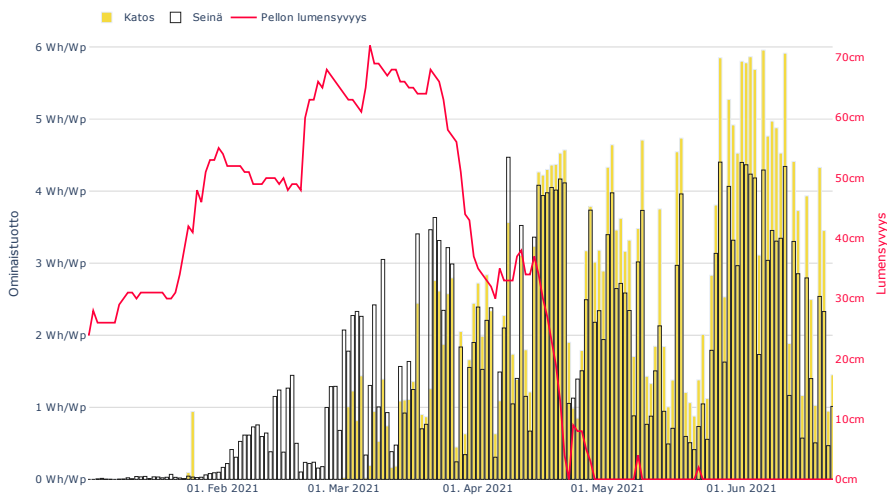
Kuva 3. Pellopuu Oy:n 45° katoksen ja 90° seinän paneelikentät. (Kuvat: Autioniemi J. 2020)

Lapin ammattikorkeakoulu on kerännyt mittausdataa Pellopuun tuotannosta elokuusta 2020 lähtien. Kerätyssä mittausdatassa on puutteita, eikä dataa ole ollut saatavilla yhtenäisesti koko mittausajalta. Mittausdataa on kertynyt kuitenkin siten, että vuoden jokaiselle kuukaudelle on useampia arvoja paneelientilille kirjoitushetkellä saatavilla.

Paneelikentät ovat asennettu kuvan kolme mukaisesti tehdasalueella kahden eri rakennuksen yhteyteen: katolle katon suuntaisesti sekä seinälle paneelit pystyasentoon samaan ilmansuuntaan olevalle sivulle. Rakennusten välissä on halli, joka varjostaa osaltaan osan aikaa vuorokaudesta seinälle asennettua paneelikenttää. Katoksen paneelikentän edessä on matala nuori mäntymetsä, joka ei ole oleellisesti vaikuttanut tuotantoon mittausjaksolla.

45 ja 90 asteen paneelikenttien tuotannon erot

Paneelikenttien ollessa kooltaan erisuuruiset, kenttien vertaamiseen lasketaan molempien kenttien ominaistuotto eli tuotanto kentän nimellistehollista kokoa vasten. Tällöin saadaan vakioitua tuotantoarvot vertailukelpoisiksi keskenään. Katoksen ja seinän paneelikenttien ominaistuottokuvaajassa kuvassa neljä on puolen vuoden ajalta päivittäisten ominaistuottoarvot sekä lumen syvyys.



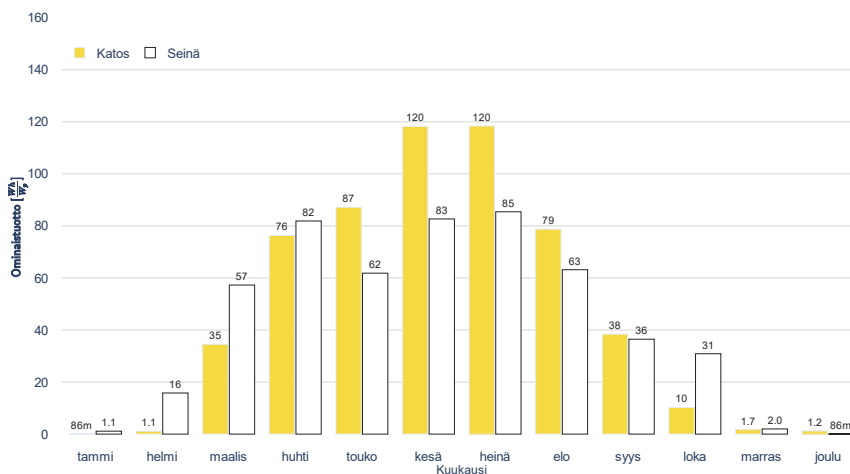
Kuva 4. Paneelikenttien päivittäiset ominaistuotot ja lumensyvyys.

Talven aikaan tuotantoon vaikuttaa asennuskulman lisäksi mahdollinen lumikerros paneelikenttien päällä, mistä johtuen katoksen paneelikentässä ei saada tuotantoa lainkaan vuoden 2021 helmikuun aikana. Seinän mittausdatassa näkyvä alkuvuoden piikki on suodattamattoman datakertymä useamman päivän ajalta eikä todellinen päivän tuotantoarvo. Vuoden alussa 90° asennuskulma on lähempänä optimaalista päivittäistä arvoa ja siirtyy kesää kohti lähemmäksi 45° paneelikentän kulmaa. Tämä nähdään päivittäisissä ominaistuottoarvoissa osaltaan siten, että kumpaa asennuskulmaa lähempänä päivittäinen optimikulman arvo on, niin sitä suurempi kyseisen kulman ominaistuotto on. On kuitenkin huomioitava, että optimikulma on arvo suoralle säteilylle. Lapissa iso-osa paneelille tulevasta auringon säteilystä on hajasäteilyä, jonka kerää parhaiten pienemmällä asennuskulmalla oleva paneeli. Toisaalta taas pystyssä oleva paneeli kerää paremmin maasta suoraan heijastuvan säteilyn, mikä näkyy varsinkin tuoreen lumen aikana.

Lumen heijastuvuus vaihtelee lumen iän mukaan, uudelle vastasataneelle lumelle albedo on 0,8 ja vanhalle lumelle albedo on 0,5. Loppu kevään sulavan märän ja likaisen lumen albedo laskee 0,3 tasolle (Parvio, 2008). Albedo vaikuttaa kertoimena suoraan heijastuvalle säteilylle, pystyssä olevalle paneelille heijastuneen säteilyn lisäävä vaikutus paneelille tulevaan säteilyyn lumen aikaan on 0,15–0,4 kertaa kokonaissäteily. Vastaavat 45° kulmassa olevalle paneelille lisäävä vaikutus on 0,044–0,12 kertaa kokonaissäteily (Masters, 2004).

Lumen korkea albedo lisää kokonaissäteilyn määrää myös toisella tapaa lisäämällä maasta ja pilvistä heijastuvia hajasäteilyä. Datassa tämän vaikutus nähdään lumen syvyyden vaihtelun kasvaessa ja laskiessa ominaistuoton arvoissa. Pystyssä olevan paneelin ominaistuotto on suhteellisesti suurempi katoksen paneelikenttään nähden, kun lumensyvyys kasvaa. Tämä näkyy parhaiten huhtikuun ja toukokuun alussa lumen kasvaessa. Lumen nopeasti sulaessa huhtikuun lopussa, vanhan lumen heijastuvuuden vaikutus näkyy katoksen seinää paremmassa ominaistuotossa. Tuotantoarvojen kuukausittaisessa tarkastelussa otetaan

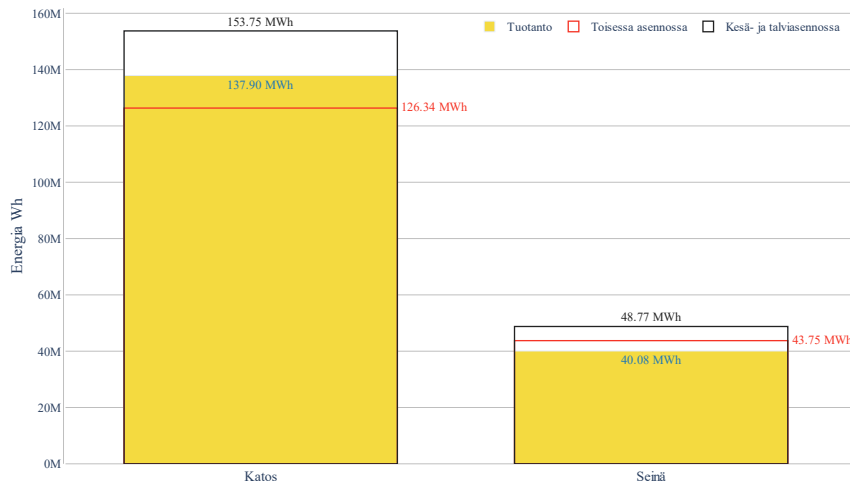
paneelikenttien tuotannossa huomioon mittauskatkokset ja datasta valitaan kokonaisien kuukausien datat.



Kuva 5. Paneelikenttien keskimääräinen kuukausittainen ominaistuotto.

Vuoden mittausajalla 90° kulmaan asennetun paneelikentän ominaistuotto on noin 8,4 % pienempi kuin 45° kulmaan asennetulla. Ero asentojen välillä on huomattavasti pienempi kuin kuvan kaksi kokonaissäteilyn antama oletama. Paneelikenttien ominaistuottojen erot vastaavat kesäkuukausina kuvan kaksi kokonaissäteilyn eroja. Talven ja kevään ominaistuoton arvot eroavat kokonaissäteilyn arvoista. Tällöin tuotannossa nähdään lumen määrän vaikutus tuottolukemissa. Pääasiallisesti seinään asennettuihin paneeleihin mahdollisesti tarttuva lumi ei pysy niin pitkään kuin katokselle paneelien päälle kertyvä, sekä maassa oleva lumi lisää heijastuvan säteilyn määrää seinässä olevaan paneelikenttään.

Ominaistuoton arvoilla voidaan laskea paneelikenttien teoreettiset tuotannon arvot eri asennolle, kun käytetään kertoimena ristiin paneelikenttien kokoja. Vertailemalla tuotetun ja ominaistuotosta laskettuja teoreettisia arvoja, voidaan laskea mahdollinen tuotanto systeemille, jolle kulman asento olisi paras mahdollinen eri vuoden aikaan nähden. Tällöin saadaan teoreettinen maksimi vuoden tuotantoarvot kaksiasentoiselle kesä- ja talviasentoiselle järjestelmälle.



Kuva 6. Vuoden aikainen tuotanto ja ominaistuoton mukaisesti laskettu mahdollinen tuotto kesä- ja talviasentoisena.

Katoksen 45° kulmaan asennetuilta paneelikentältä saadaan 89,7 % verrattuna siihen, että katoksen paneelikenttä olisi kaksiasentoinen. Jos taas katoksen paneelikenttä olisi koko vuoden 90° kulmassa, olisi sen tuotanto noin 11,56 MWh eli 8,4 % pienempi nykyiseen asentoon verrattuna. Seinän 90° kulmaan asennetussa paneelikentässä tuotto kaksiasentoiseen verrattuna on noin 82,2 %. Jos seinä olisi ympäri vuoden 45° asteen kulmassa, kasvaisi tuotto vuodessa noin 3,67 MWh eli 9,2 %.

Yhteenveto

Aurinkopaneelien asennuskulman merkitys on riippuvainen vuodenaikasta. Lapin vuodenaikojen vaihtelu on jyrkkä, eikä valon määrä vuoden pimeimpinä kuukausina ole missään kulmassa tuotannon kannalta riittävä. Jo tästä johtuen aurinkopaneelit pyritään ensisijaisesti asentamaan lähemmäs kesäistä optimikulmaa, vaikka asennus kulma voitaisiinkin määrittää. Pystyasennossa paneelikentän tuotantoa lisää talvisin ja varsinkin keväisin lumi, mikä osaltaan kompensoi menetettyä kesän tuotantoa ja jota ilman vuoden kokonaistuotanto jäisi paljon pienemmäksi. Kaksiasentoinen järjestelmä toisi tuotantoon huomattavan lisän, mutta sen toteuttaminen vaatisi lisäkustannuksia eikä ole välttämättä edes mahdollista toteuttaa.

Lähteet

ELY-keskus, 2021. Uusiutuvan energian tuotantolaitosten lupamenettelyt ja muut hallinnolliset menettelyt, Menettelykäsikirja hakijoille. Viitattu 18.3.2022. <https://www.ely-keskus.fi/documents/44517405/0/Menettelyk%C3%A4sikirja+2022.pdf/0d83b61b-a18e-7d54-5083-41ffbaedd2bf?t=1667475643062>

EU Science Hub, 2023a. PVGIS User Manual. Viitattu 21.03.2023. https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-online-tool/getting-started-pvgis/pvgis-user-manual_en

EU Science Hub, 2023b. PVGIS Monthly Irradiation Data. Viitattu 12.05.2023. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

Masters, G. M. 2004. Renewable and Efficient Electric Power Systems. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. ISBN: 0-471-668834

Parvio, A. 2008. Lumi ilmaston osana – lumen vesiarvon ja pinnan albedon mallintaminen pohjois-auraasian alueella. Pro gradu -tutkielma, Meteorologia. Helsingin yliopisto fysikaalisten tieteiden laitos. Viitattu 12.05.2023. <https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/21011/lumiilma.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sähkötieto Ry, 2021. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus, ST käsikirja 40. Grano Oy, Espoo Suomi. ISBN: 978-952-231-343-0

Energiayhteisöt taloyhtiöiden tulevaisuutena

Otto Pesonen

Johdanto

Energiajärjestelmän murros, digitalisaatio ja kunnianhimoiset hiilineutraalisuustavoitteet toimivat energiatoimialan vauhdittavina ajureina. Sähköntuotannon muuttuessa yhä enenevässä määrin päästöttömiin ja säästä riippuvaisiin energiantuotantomuotoihin, se mahdollistaa, mutta myös velvoittaa uudenlaisten toimintamallien käyttöönottoa Suomessa. Myös EU-tasolla aurinkoenergiaa on kaavailtu tulevaisuudessa entistä suurempaan rooliin uudisrakennusten yhteydessä.

Sähköverkon tasapainon ylläpitäminen tulee vaatimaan uusia ratkaisuja kuten kysyntä/kulutusjoustoja, virtuaalivoimaloita kuin myös erilaisten hajautettujen tuotantolaitosten saumatonta yhteispeliä keskenään. Ihmisten ympäristötietoisuus kasvaa jatkuvasti ja huoli ympäröivän maailman tilasta lisääntyy. Energian oma pientuotanto kasvaa vauhdilla Suomessa, yhä useampi omakotiasuja, taloyhtiö tai yritys haluaa hankkia aurinkosähköjärjestelmän kiinteistönsä katolle, seinälle tai rakennuksen läheisyyteen.

Aurinkosähköjärjestelmien ongelmana on nähty kallis hinta verrattuna saatavaan hyötyyn ja ettei sähkön kysyntä ja tarjonta yleensä kohtaa kiinteistöissä. Monesti aurinkopaneelit tuottavat liikaa sähköä tarpeeseen nähden kesäaikaana, kun sähkön tarve on pienempi kuin talvella, jolloin tuotantoa ei käytännössä ole. Jotta pystyttäisiin hyödyntämään suurempi määrä tuotetusta sähköstä, eikä sitä tarvitsisi myydä verkkoon huomattavasti halvemmalla, niin tähän ongelmaan yhdeksi ratkaisuksi on tarjottu erilaisia energiayhteisöjä, joiden toimintaa ja ominaisuuksia on koottu tähän artikkeliin.

Mikä on energiayhteisö?

Energiayhteisöllä tarkoitetaan sellaista yhden tai useamman pienkuluttajan, yhdistyksen, yrityksen tms. muodostamaa juridista tahoja, jonka toiminta muodostuu jonkin energiantuotannon ympärille. Energiayhteisöt ovat jakamistalouden muoto, jossa sähkön tuotannon ja hankinnan hyötyjä yhteisön jäsenet pystyvät jakamaan toisilleen omien periaatteidensa mukaan. Energiayhteisön perustaminen voi taloudellisen hyödyn lisäksi perustua arvo valintoihin tai sähkön toimitusvarmuuden parantamiseen. (Pahkala, Uimonen & Väre 2018.)

Energiayhteisö voi olla maantieteellisesti hajautettu, kiinteistörajat ylittävä tai kiinteistönsisäinen energiayhteisö. Maantieteellisesti hajautetussa energiayhteisössä energiantuotanto ja -kulutuspaikat voisivat teoriassa olla missä päin tahansa Suomea, mutta käytännössä tällaisia ei ole, sillä yhteisön tulisi maksaa sähkön siirrosta aiheutuvat maksut, joka varsinkin useamman verkkoyhtiön yli toimivana olisi haastava toteuttaa heikon kannattavuuden lisäksi.

Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisössä tuotanto- ja kulutuspaikat olisivat maantieteellisesti lähempänä toisiaan, esimerkiksi viereisellä tontilla haja-asutusalueella, jossa asuinalueelle sähköä tuottavat paneelit olisivat asennettuna viereisellä pellolla. Tämä voisi mahdollistaa suuremman ja paremmin suunnatun aurinkopaneelijärjestelmän rakentamisen. Tässä tapauksessa kuitenkin kyseessä olisi paremminkin aurinkopaneelien yhteishankinta, kuin yhteisö, sillä jokaiselle käyttöpaikalle tulisi viedä omatuotettu sähkö omia johtoja pitkin, eikä käyttöpaikat (yhteisön eri jäsenet) voisi siirtää sähköä toisilleen. Mikäli erilliset käyttöpaikat olisivat yhdistettynä toisiinsa, toiminta muuttuisi luvanvaraiseksi sähköverkkotoiminnaksi. Kiinteistörajat ylittävä energiayhteisö voi kuitenkin yhdistyä kiinteistönsisäiseen energiayhteisöön mikäli, erillisten talojen sijaan käyttöpaikkana olisi taloyhtiö. (Elenia & VTT 2022.)

Koska Suomen lainsäädäntö ei vielä mahdollista hajautettuja ja kiinteistörajat ylittäviä yhteisötyyppejä taloudellisesti yhtä kannattavasti kuin kiinteistönsisäisiä yhteisöjä, tässä artikkelissa käsitelläänkin lähinnä taloyhtiöihin soveltuvaa yhteisömallia. Kiinteistön sisäinen energiayhteisö voi olla esimerkiksi kerrostalo, jossa on aurinkosähköjärjestelmä. Taloyhtiössä olevan energiayhteisön tulee huomioida perustamisessa, toiminnassa ja lopettamisessa asunto-osakeyhtiölain, yhtiöjärjestyksen ja muiden tehtyjen sopimusten tuomat reunaehdot. (Pahkala, Uimonen & Väre 2018.)

Kiinteistön sisäisessä energiayhtiössä tuotettu sähkö ei ylitä jakeluverkon liittymää, joten tuotetusta energiasta ei tarvitse maksaa verkkopalvelumaksua. Jakeluverkkoyhtiön pitää voida erottaa laskennallisesti yhteisön omatuotettu ja yhteisöön siirretty sähkö toisistaan. Kiinteistön sisäisen energiayhteisön toteuttamiseen on käytännössä kaksi erilaista vaihtoehtoa. Toinen on takamittarointimalli ja toinen on hyvityslaskentamalli. Energiayhteisö voi myös toimia lämpöenergian tuotannon ja käytön ympärillä, mutta tässä artikkelissa keskitytään sähköntuotannon erityisesti aurinkosähkön ympärillä toimiviin esimerkkeihin.

Energiayhteisö takamittaroinnilla

Energiayhteisön voi luoda yksittäisen rakennuksen sisälle. Tässä tapauksessa esimerkkinä käytetään kerrostaloa. Ilman energiayhteisö-mallia kerrostalon katolle asennetut paneelit tuottavat sähköä vain taloyhtiön tarpeeseen, joka on varsin pieni osa koko talon sähkönkulutukseen nähden. Taloyhtiön hallinnoimia tiloja ovat porraskäytävät, varastot, saunat, autohallit jne. Kerrostalojen katolle sopisi paneeleita monesti huomattavasti suuremman sähkönkulutuksen tarpeeseen kuin edellä mainittujen tilojen tarpeen kattamiseen. Suuremman paneelijärjestelmän hankkiminen on myös halvempaa €/kWp yksiköillä tarkasteltaessa kuin pienemmän järjestelmän.

Energiayhteisön toteuttaminen voidaan tehdä takamittaroinnilla, joka käytännössä tarkoittaa, että koko taloyhtiö on yhden verkkoyhtiön summamittarin takana. Taloyhtiö tekee yhden sähkösopimuksen, joka kattaa niin taloyhtiön yhteiset tilat kuin myös jokaisen asunnon. Takamittarointi edellyttää sähkömittareiden vaihtamisen huoneistoista taloyhtiön omistamiin mittareihin, joista asukkaat eivät voi kilpailuttaa omia sähkösopimuksiaan. Aurinkosähkön tuotantolaitteisto kytketään verkkoyhtiön summamittariin, jolloin tuotanto vähentää

ostosähkön tarvetta koko taloyhtiössä. Asukkaat maksavat oman kulutuksensa mukaan sähkökäytöstä taloyhtiölle. Sisäistä laskutusta voi hoitaa isännöitsijä tai ulkopuolinen energiapalveluita tarjoava yritys. (Auvinen ym. 2020.)

Takamittaroinnin tuomana etuna on, että asukkaat pystyvät näin säästämään sähkönhankinta kustannuksissa ainakin perusmaksujen osalta, koska taloyhtiön yhteisen sähkösopimuksen perusmaksu on suhteessa halvempi kuin kaikkien asukkaiden erillisten perusmaksujen summa. Suurempi kuluttajaryhmä voi myös hyötyä niin siirto- kuin sähkösopimuksenkin hinnassa verrattuna yksittäiseen pienkuluttajaan. (Auvinen ym. 2020.)

Toiseksi eduksi voi laskea sen, että takamittarointiin perustuva energiayhteisö mahdollistaa dynaamisen ja reaaliaikaisen tehon hallinnan ja mahdollisuuden osallistua joustomarkkinoille, mikäli taloyhtiöstä löytyisi riittävästi ohjattavia kuormia, jotka olisivat kytkettynä älykkääseen ohjausjärjestelmään. Älykkäillä ohjaustavoilla voidaan hallita kiinteistön huipputehoa, esimerkiksi mikäli taloyhtiöllä on sähköautojen latauspisteitä. (Järventausta 2021.)

Takamittaroinnin haittana on se, että asuntokohtaiset sähkömittarit tulee uusia tai vanhat olemassa olevat mittarit tulee ostaa verkkoyhtiöltä taloyhtiön nimiin. Tämä voi synnyttää yllättävänkin paljon kustannuksia, joka voi olla taloudellisesta näkökulmasta ongelmallista ja syödä nopeasti paneelien tuoman hyödyn pois. Näin ollen takamittarointimalli soveltuukin paremmin uudisrakennuskohteeseen, jolloin edellä mainittua ongelmaa ei pääse syntymään. Myös asukkaiden sisäisen laskutuksen järjestämisestä voi syntyä työkuormaa, joka saattaa edellyttää ulkopuolisen operaattorin hankintaa, josta syntyy myös kustannuksia taloyhtiölle laskutuspalvelun toteuttamisesta.

Takamittarointiin siirtyminen vaatii yhtiökokouksessa yksimielisen päätöksen ja yhtiöjärjestyksen muuttamisen. Jokaisella osakkaalla on oikeus myöhemmin irtautua takamittaroinnista ja solmia oma sähkösopimus. Koska tämän järjestäminen tulee olla mahdollista, niin sähkökeskukset kannattaa suunnitella siten, että uusien mittareiden asentaminen on helppoa ja kustannustehokasta, eikä näin ollen tuo valtavia kustannuksia taloyhtiölle, taikka energiayhteisöstä irtaantuvalla osakkaalle. (Auvinen ym. 2020.)

Takamittaroinnin kautta toimivia energiayhteisöjä on muutamia Lapissa. Pääsääntöisesti nämä ovat vuokrataloja, joissa sähkö kuuluu asukkaan maksamaan vuokraan, eikä näin ollen asukkailla ole omia sähkösopimuksia. Yhteisön hyödyt menevät suoraan osakkaille, eikä niinkään asukkaille toisinkuin hyvityslaskentamallissa.

Hyvityslaskennan kautta toteutettava energiayhteisö

Takamittarointi oli pitkään ainoa tapa toteuttaa energiayhteisö, mutta lainsäädännön muutoksien myötä nyt on syntynyt hyvityslaskentamalli, joka on tullut vuoden 2023 aikana käyttöön koko Suomessa. Hyvityslaskenta suoritetaan Fingridin ylläpitämässä tiedonvaihtojärjestelmä Datahubissa. Datahubin tarkoituksena on kerätä kaikki Suomen 3,7 miljoonaa sähkökäyttöpaikkaa yhdelle alustalle. Tämän avulla tiedonvaihto sähkökäyttäjien, myyjien ja siirtoverkon omistajien nopeutuu ja parantuu. Käytännössä Datahubin myötä sähkösopimusten vaihtamisen tulisi nopeutua ja netotusmalli ja

hyvityslaskenta tulisi pienimuotoisten energiantuottajien ja energiayhteisöjen käyttöön. (Fingrid 2020.)

Netotusmallilla tarkoitetaan sitä, että kaikki yhden tunnin aikana tuotettu sähkö lasketaan korvamaan talon kulutusta mittausjakson (tunnin) aikana. Aiemmin aurinkosähkö piti kuluttaa juuri samalla hetkellä kuin sitä tuotettiin ja se, mitä ei kulutettu meni myyntiin. Tämä johtui siitä, että kolmivaiheisessa sähköjärjestelmässä samalle hetkelle pystyi syntymään tuotantoa ja kulutusta eri vaiheiden välille, tai siitä, että tunnin aikana kulutus ja tuotanto tapahtuivat vain eri hetkinä kokonaisuudessaan. Tämä johti siihen tilanteeseen, että saman tunnin ajalta saattoi syntyä verkkoon myyntiin menevää sähköä, vaikka omatuotanto olisikin kattanut kyseisen tunnin aikaisen kulutuksen kokonaan. (Juuti 2021. & Elenia & VTT 2022.)

Hyvityslaskennan myötä taloyhtiössä voidaan tuotettua sähköä jakaa myös asukkaille. Tämän mahdollistamana taloyhtiöiden katoille voi laittaa huomattavasti enemmän paneeleita, kuin aikaisemmin, jolloin vain kiinteistösähköä pystyi korvaamaan itse tuotetulla sähköllä. Hyvityslaskentamallissa kulmakivenä on laskentaohjelmisto, joka toteuttaa aurinkosähkön virtuaalisen jakamisen kiinteistön sisällä, hyödyntäen jo olemassa olevien mittareiden tietoja. Ensisijaisesti tuotettu sähkö hyödynnetään edelleen taloyhtiön kulutukseen, mutta ylituotanto tilanteessa se jaetaan virtuaalisen laskentaohjelman kautta talon asukkaille mitatun datan ja ennalta määriteltujen jakosuhteiden perusteella.

Yleisesti käytettynä jako perustana on käytetty samaa suhdetta, kuin miten vastiketta maksetaan. Mikäli ylituotantoa syntyy edelleen enemmän kuin koko talo asukkaineen kuluttaa, tämä sähkö myydään verkkoon, joka yleisesti lasketaan taloyhtiön hyödyksi. (Auvinen ym. 2020) Mikäli myytyä sähköä halutaan kuitenkin jakaa osakkaille, jokaisen yhteisön jäsenen tulee tehdä oma myyntisopimus sähköstä sähkömyyjän kanssa. Lähtökohtaisesti yhteisön tavoitteena olisi kuitenkin mitoittaa järjestelmä niin, ettei verkkoon myytävää sähköä tulisi. (Auvinen ym. 2020)

Hyvityslaskentamallissa aurinkosähköjärjestelmän omistajana toimii asunto-osakeyhtiö tai osa yhtiön osakkaista, jotka voivat muodostaa ns. aktiivisten asiakkaiden ryhmän. Hyvityslaskentamalliin perustuvan aurinkosähköjärjestelmän voi taloyhtiön hankkia enemmistö päätöksellä, mikäli aurinkosähköjärjestelmä mitoitetaan oman tarpeen mukaan ja verkkoon myytävän sähkön osuus jää marginaaliseksi. (Elenia & VTT 2022) Hyvityslaskenta mahdollistaa asukkaille omat sähkösopimukset, toisin kuin takamittarointimallissa. Sopimus hyvityslaskennasta tehdään taloyhtiön ja verkkoyhtiön välille. (Auvinen ym. 2020)

Tulevaisuus

Tällä hetkellä näyttää siltä, että niin taloyhtiöiden, pientalojen kuin yrityksiensäkin katoille lisätään aurinkopaneeleita yhä kiihtyvämällä tahdilla. Tämä mahdollistaa molemmille edellä mainituille energiayhteisömalleille kysyntää tulevaisuudessa. Hyvityslaskennan myötä vanhoihin olemassa oleviin taloyhtiöihin, energiayhteisön luonti on vaivattomampaa kuin takamittarointiin siirtyminen. Takamittaroinnin nähdään kuitenkin mahdollistavan

tulevaisuudessa uudisrakennuksille myös muitakin etuja, kuin pelkän aurinkosähkön jakamisen asukkaiden kesken. (Brink 2020).

Tampereen yliopiston sähkötekniikan professorin, Pertti Järventaustan, (2021) mukaan takamittaroiduissa energiayhteisöissä on mahdollista hyödyntää dynaamista ja reaaliaikaista tehon hallintaa ja näin tarjota esimerkiksi joustoa sähkömarkkinoille. Myös sektori-integraation hyödyntäminen olisi näin ollen mahdollista. Sektori-integraatiolla tarkoitetaan eri energiasektoreiden, kuten sähkö, lämpö, kaasu ja liikenne, yhdistämistä toisiaan tukeviksi sektoreiksi, joissa voidaan tasapainottaa toisen sektorin, kulutus ja-tuotantopiikkejä (Brink 2020).

Mikäli tulevaisuudessa Suomen lainsäädäntö muuttuu muita energiayhteisötyyppejä myötämielisemmäksi, niin on hyvin mahdollista, että omakotialoalueet, korttelit ja yrityskeskittymät, voivat hankkia yhteisen ison aurinkosähköjärjestelmän, jossa tuottoa pystytään jakamaan jäsenille ilman nykyisen kaltaisia siirtomaksuja tai omien siirtokaapelien asentamista aurinkopaneelien ja tuotantopaikkojen väliin. Käytännössä tällä hetkellä muut kuin kiinteistönsisäiset energiayhteisöt joutuvat, joko maksamaan sähkön siirrosta aiheutuvat kustannukset tai yhteisön sijasta hankkivat yhteishankinnalla aurinkosähköjärjestelmän, josta jokaiselle ”yhteisön jäsenelle” johdetaan sähkö omia kaapeleita pitkin. Energiayhteisöjen lainsäädännön muutos vaatii laajaa yhteistyötä viranomaisten ja verkkoyhtiöiden välillä, kuin myös uudenlaisia energiayhteisöjä tukevia tariffiratkaisuita, jotta energiayhteisöjen täysi potentiaali saadaan käyttöön.

Lähteet

Auvinen, K. Honkapuro, S. Ruggiero, S. & Juntunen J. 2020. Aurinkosähköä taloyhtiöiden asukkaille – Mittaushaasteista kohti digitaalisia energiayhteisöpalveluja. Aalto-yliopiston julkaisusarja KAUPPA + TALOUS 3/2020. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-8988-1>

Elenia & VTT. 2022. Energiayhteisökäsikirja. Viitattu 12.4.2023. <https://www.elenia.fi/files/7de35936c413685a502e8cfe531bdc1e42653201/elenia-energiayhteisokasikirja.pdf>

Fingrid. 2020. Mikä on Datahub? Viitattu 22.6.2021. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/datahub/>

Brink, P. 2020. Sektori-integraatio auttaa tehtasapainon hallinnassa. Fingridlehti. Viitattu 25.2.2022. <https://www.fingridlehti.fi/sektori-integraatio/>

Järventausta, P. 2021. Energiayhteisöt osana energiajärjestelmää. Kohtio energiayhteisöjä webinaari 25.5.2021. Viitattu 24.2.2022. <https://www.ril.fi/media/2021/jasenyys/tietoiskut/kohti-energiaverkostoja/kohti-energiayhteisoja-webinaari-25-5-2021-perti-jarventausta-jakeluun.pdf>

Juuti, P. 2021. Aurinkosähkön kannattavuus paranee omakotitaloissa ja taloyhtiöissä – katso kartalta, milloin säästöt kasvavat omalla paikkakunnallasi. YLE. Viitattu 18.2.2022. <https://yle.fi/uutiset/3-11767604>

Pahkala, T. Uimonen, H. & Väre, V. 2018. Joustava ja asiakaskeskeinen sähköjärjestelmä Älyverkkotyöryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2018:33. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-346-7>

Pörssisähköllä rahaa

Juha Autioniemi

Johdanto

Viime aikoina ja varsinkin vuonna 2022 pörssisähkön hinnan vaihtelu on noussut päivittäiseksi puheenaiheeksi. Sota Ukrainassa on aiheuttanut epävarmuutta energiamarkkinoille ja pörssisähkön hinta on vaihdellut vuonna 2022 ollen korkeimmillaan 86 snt/kWh ja alimmillaan nollan tienoilla tai jopa negatiivinen.

Lapin AMK:lla on Solarctic-hankkeessa tartuttu pörssisähköteemaan ja rakennettu demonstraatiojärjestelmä, jonka avulla testataan ja visualisoidaan kannattaako akustoa ohjata pörssisähkön hinnan perusteella. Demonstraatiossa käytettävä energiavarasto on hankittu vuonna 2018 osana ”Älykkään Elinympäristön Teknologiat”-hankekokonaisuutta.

Automaattinen ohjaus pörssisähkön hinnalla

Pörssisähkön hinta on saatavilla tänä päivänä lukuisista eri lähteistä ja palveluista, jotka tarjoavat Nord Poolin hintatietoa. Nord Pool on useiden Euroopan maiden sähköpörssi, jossa määräytyy pörssissä mukana olevien maiden sähkön spot-hinta. (Fortum 2023)

Yksi tapa hakea pörssisähkön hintatieto on käyttää ENTSO-E:n ylläpitämää transparensialustaa. ENTSO-E (European Network of Transmission System Operators for Electricity) on eurooppalainen kantaverkkoyhtiöiden yhteistyöjärjestö. Transparensialustalle julkaistaan keskitetysti tietoa Euroopan sähkön sisämarkkinoista ja sieltä löytyy tietoa mm. sähköntuotannosta, -kulutuksesta sekä -hinnoista koko Euroopan tasolla. (Fingrid, 2023)

Transparensialustaan on avoin API-rajapinta, jota voidaan käyttää automaattiseen tiedonhakuun omasta sovelluksesta. Lisäksi alustan historiatietoja voi selailta ja ladata web-käyttöliittymän kautta. Transparensialusta pitää ensiksi rekisteröityä käyttäjäksi, jonka jälkeen erikseen pitää pyytää käyttöoikeus API-rajapintaan. Kun käyttöoikeus on saatu, pitää vielä luoda erillinen API-avain, jota käytetään datan hakemiseen rajapinnasta.

Esimerkiksi tulevan pörssisähkön hinnan Suomen alueella saa haettua seuraavalla http-kutsulla nettiselaimella. Sama kutsu voidaan tehdä myös ohjelmallisesti.

https://web-api.tp.entsoe.eu/api?securityToken=SECRET&documentType=A44&in_Domain=10YFI-1-----U&out_Domain=10YFI-1-----U&periodStart=202305152100&periodEnd=202305162100

Kohta ”SECRET” korvataan omalla API-avaimella. Aikaväliä voi vaihtaa muuttamalla ”periodStart” ja ”periodEnd”-parametrejä, jos haluaa esimerkiksi hakea enemmän historiadataa. Rajapinta palauttaa hintatiedon XML-formaatissa, josta se pitää prosessoida omalle sovellukselle sopivaan muotoon. ENTSO-E:n XML-datan käsittelyyn löytyy useita

avoimia työkaluja ja ohjelmistokoodin pätkiä, jotka prosessoivat datan nykyaikaisempaan ja helpommin käytettävään JSON-formaattiin.

ENTSO-E transparensiaalusta tarjoaa kattavan dokumentaation API-rajapinnan käyttämiseen. Rajapinnan nykyinen dokumentaatio on hieman vaikeaselkoinen, mutta uusi dokumentaatio on valmisteilla ja on tällä hetkellä testikäytössä. (ENTSO-E, 2023).

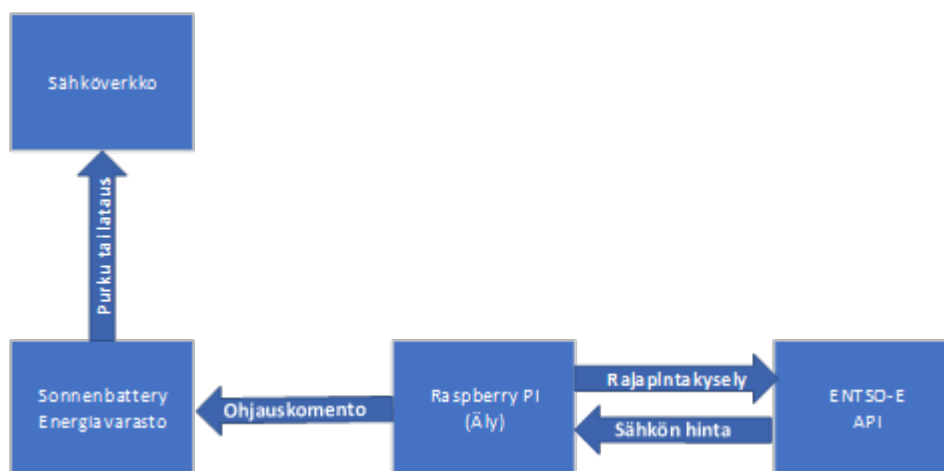
Solarctic-hankkeessa käytetty Node-RED-ympäristöön tehty ohjelmistokoodi on vapaasti käytettävissä. Ohjelmistokoodi löytyy nettiosoitteesta: <https://github.com/Lapland-UAS-Tequ/tequ-solarctic-entso-e>.

Pörssisähködemonstraatio

Hankkeen pörssisähködemonstraatiossa käytetään Sonnenbattery ECO -energiavarausta. Laitteen kapasiteetti on 16 kWh ja sen invertterin suurin mahdollinen purku- tai latausteho on 3.3 kW. Laitteen teho on pieni sen kapasiteettiin nähden ja tämä rajoittaa optimaalista käyttöä pörssisähkön hintapiikkien aikana.

Energiavarausten ohjaus on toteutettu Raspberry PI -minitietokoneella. Jotta ohjaus on mahdollista, tulee sekä energiavarausten että minitietokoneen olla kytketty samaan lähiverkkoon. Energiavaraustossa on oma API-rajapinta, josta energiavarausten mittaustietoa voi lukea ja energiavaraustolle voi lähettää ohjauskomentoja reaaliajassa. Rajapinta tulee aktivoida energiavarausten käyttöliittymän kautta ja käyttöä varten pitää luoda API-avain kuten "ENTSO-E"-rajapintaan.

Raspberry PI -minitietokoneelle on ohjelmoitu sovellus Node-RED -ympäristössä. Käynnistyessään sovellus lähettää http-kyselyn "ENTSO-E"-rajapintaan ja tulkitsee vastauksena saadut sähköhintatiedot. Sovellus valitsee näistä hintatiedoista alhaisimmat sekä korkeimmat hinnat ja luo niiden perusteella aikataulun, milloin akustoa puretaan ja milloin sitä ladataan. Kuvassa 1 on esitetty yksinkertaistettuna kaaviona järjestelmän toimintalogiikka.



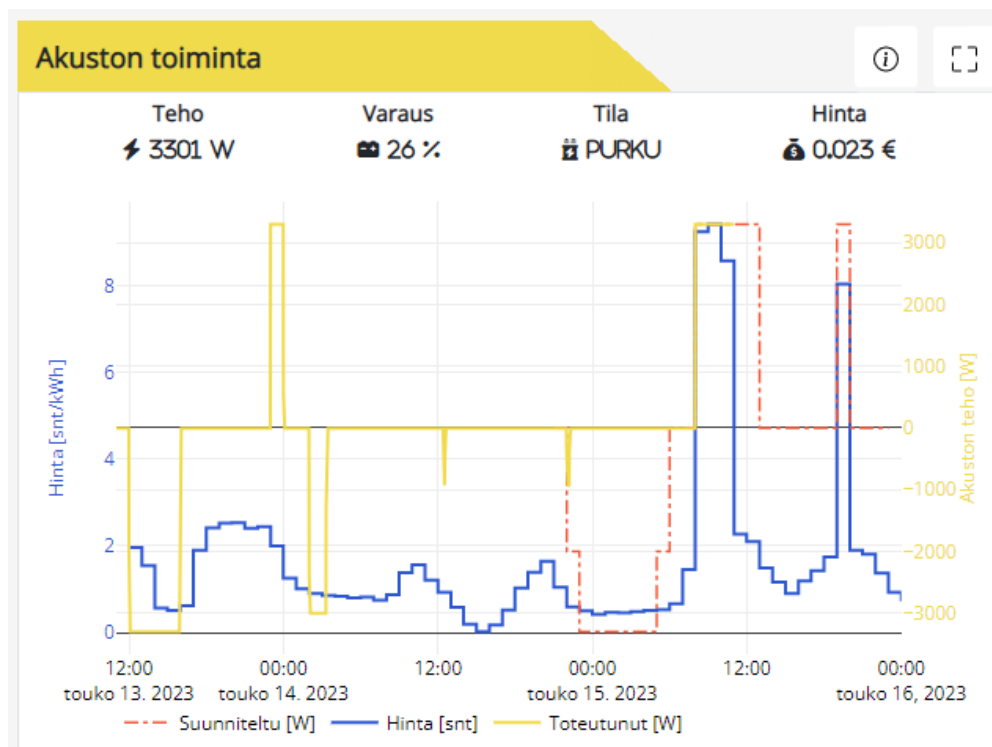
Kuva 1. Pörssisähködemonstraation toimintalogiikka.

Energiavaraston akun tyhjentyessä kesken luodun aikataulun, sovellus tekee uuden tulkinnan ja uuden aikataulun. Vastaavasti myös joka päivä kello 23:00 tehdään uusi aikataulu tulevan sähkön hinnan perusteella. Lisäksi järjestelmään on ohjelmoitu muutamia poikkeuksia: akustoa ei ladata, jos hinta on 30 snt/kWh tai enemmän, akustoa yritetään ladata aina, jos hinta on alle 1 snt/kWh ja akustoa ei pureta, jos hinta on alle 2 snt/kWh.

Visualisointi

Pörssisähkodemonstraation toiminta on visualisoitu web-sivustolla. Solarctic-hankkeen sivustolta <https://www.tegu.fi/fi/project-bank/solarctic/demosivut/> pääsee seuraamaan reaaliajassa pörssisähkodemonstraation toimintaa.

Sivustolle on kerätty tilastotietoa demonstraation toiminnasta sekä sähkön hinnasta. Tiedot päivittyvät reaaliajassa ja sivustolta on myös nähtävissä mitä järjestelmän on tarkoitus tehdä seuraavaksi. Kuvassa 2 on kuvankaappaus sivustolta, jossa on nähtävillä järjestelmän tämän hetken toimintatila sekä lyhyt historia. Keltainen käyrä on toteutunut teho (purku/lataus), punainen katkoviiva on järjestelmän älyn tekemä suunniteltu aikataulu ja sininen käyrä pörssisähkön hinta.

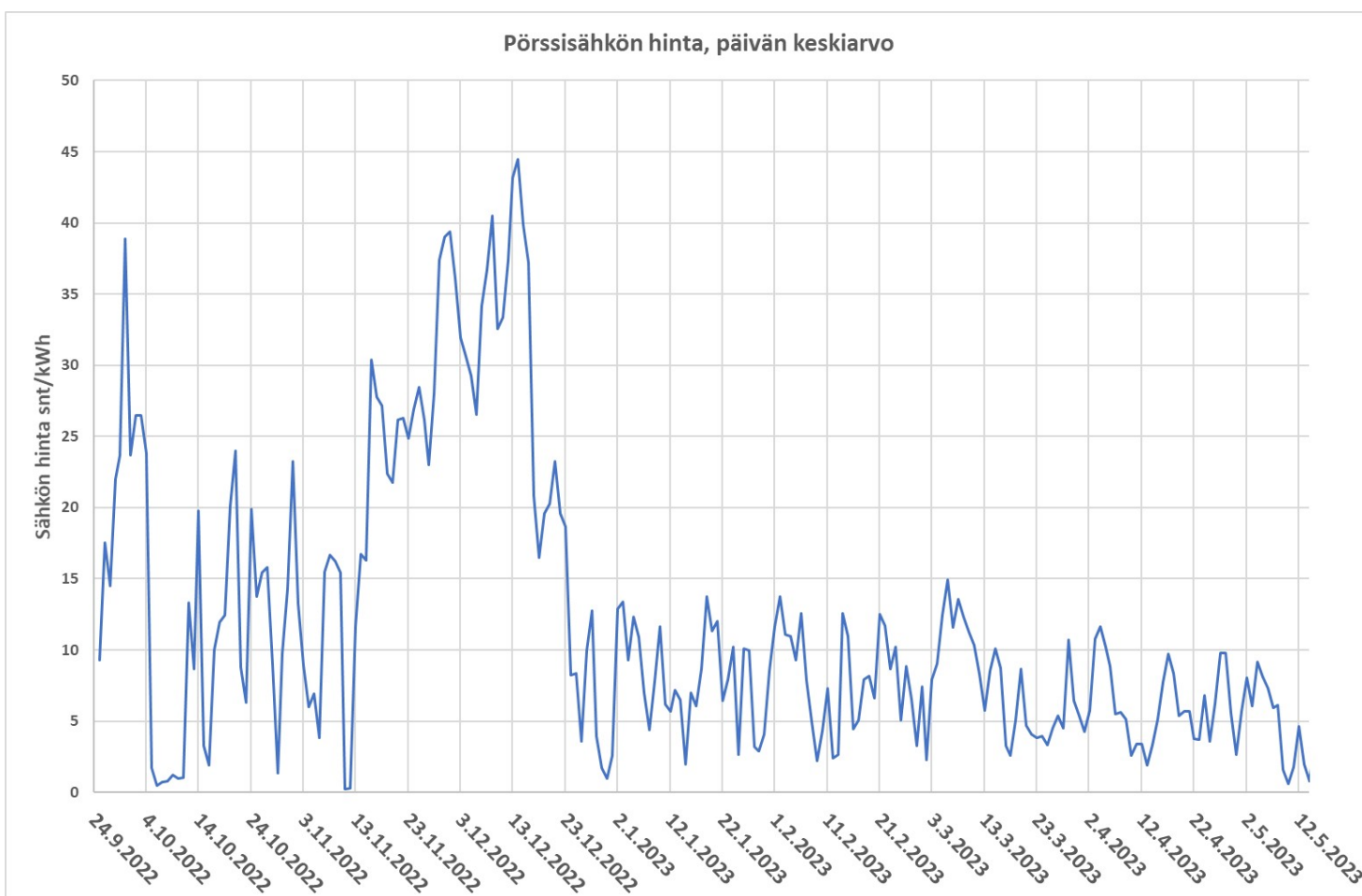


Kuva 2. Kuvankaappaus pörssisähkodemonstraation web-sivulta.

Reaaliaikaisen visualisoinnin lisäksi sivustolle on koostettu tilastotietoa sekä laskettua tietoa järjestelmän toiminnasta. Tietoa löytyy mm. siitä kuinka paljon sähköä on ostettu ja kuinka paljon sitä on myyty ja hetkittäisen pörssisähkön hinnan perusteella laskettuna kokonaismyynti, kokonaisosto keskimääräiset hinnat sekä järjestelmän laskennallinen takaisinmaksuaika.

Yhteenveto

Demonstraatio on aloitettu syksyllä 2022 (28.9.2022), jolloin sähkön hinta on ollut korkealla tasolla ja päivittäinen sähkön hinnan vaihtelu on ollut varsin voimakasta. Kuvassa 3 on pörssisähkön hinnan kehitys demonstraation alusta toukokuulle 2023. Kuvaajasta nähdään, että vuoden 2022–2023 vaihteen jälkeen pörssisähkön keskimääräinen hinta on selvästi alentunut ja päivittäinen hinnan vaihtelu on rauhoittunut. Demonstraation aikana aikavälillä 28.9 – 31.12.2023 sähkön hinta oli keskimäärin 18,4 snt/kWh ja aikavälillä 1.1.2023–15.5.2023 7,1 snt/kWh eli pörssisähkön keskimääräinen hinta on laskenut syksyiltä 11,3 snt/kWh.



Kuva 3. Pörssisähkön hinnan kehitys demonstraation aikana.

Järjestelmä on tuottanut 15.5.2023 mennessä ~200 € ja keskimääräinen tuotto päivää kohden on ollut ~0,90 € /kWh. Energiavaran investoinnin ollessa ~12 000 € ALV 0% takaisinmaksuaika kasvaa näillä lukemilla yli 35 vuoteen, josta voidaan todeta, että taloudellisessa mielessä tämän kokoisen ja tehoisen järjestelmän hankinta pelkästään pörssisähkellä ohjattavaksi ei ole tämän hetken hintatasolla järkevää.

Pienen energiavaraston taloudellisesti järkevä hyödyntäminen vaatii rinnalle oikein mitoitettun aurinkosähköjärjestelmän, jolloin energiavarasto voidaan ladata aurinkosähköllä ja purkaa sähkö omaan käyttöön tai myydä verkkoon kalliin sähkön aikana. Lisäksi energiavaraston tehon tulee olla riittävän suuri, jotta siihen varastoitu energia ehditään purkaa tai se ehditään ladata, kun pörssisähkön hinta on korkealla tai matalalla.

Lähteet

Fortum, 2023. Nord Pool määrittää pörssisähkön hintaa Suomessa. Viitattu 15.5.2023.

<https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/sahkoa-kotiin/opus/nord-pool>

Fingrid, 2023. Eurooppalainen transparensialusta. Viitattu 15.5.2023.

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/eurooppalainen-transparensialusta/>

ENTSO-E, 2023. Transparency Platform RESTful API – user guide. Viitattu 15.5.2023.

https://transparency.entsoe.eu/content/static_content/Static%20content/web%20api/Guide.html

Aurinkosähköjärjestelmien uudet liiketoimintamahdollisuudet

Santeri Meriläinen

Johdanto

Aurinkosähköjärjestelmät ovat muuttaneet energiateollisuutta viime vuosikymmenten aikana. Ympäristöystävällisyys, kestävyys ja vähäiset käyttökustannukset ovat tehneet aurinkosähköstä houkuttelevan vaihtoehdon perinteisille energialähteille. Aurinkoenergian luomia mahdollisuuksia tulee hyödyntää tulevaisuudessa entistä vahvemmin osana liiketoimintaa. Toimiala kasvaa, tuotteet kehittyvät ja mitä erilaisimpia innovatiivisia ratkaisuja pyritään hyödyntämään osana energiantuotantoa. Aurinkoenergian tuotanto on kasvava ala, ja sen potentiaali on valtava. Teknologian jatkuva kehitys ja hinnan lasku ovat tehneet aurinkosähköstä houkuttelevan sijoituskohteen ja se tarjoaa innovatiivisille yrityksille sekä yrittäjille monia mahdollisuuksia. Tämä artikkeli keskittyy aurinkosähköjärjestelmien uusiin liiketoimintamahdollisuuksiin, koska aurinkoenergia ei ole enää tulevaisuutta, vaan se on täällä jo nyt.

Aurinkosähkön tuotanto ja liiketoiminta Suomessa

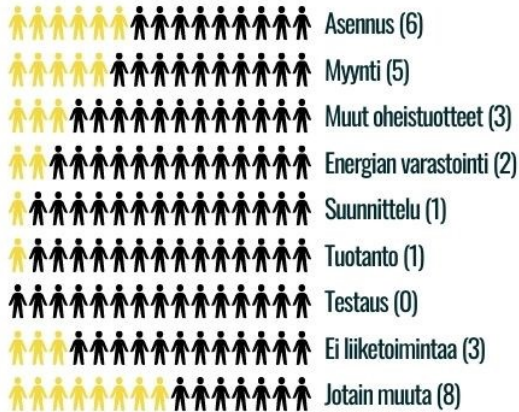
Aurinkosähkön tuotanto Suomessa on jatkuvassa kasvussa, josta esimerkkinä tuotantokapasiteetin laajentuminen lähes kaksinkertaiseksi vuosien 2020 ja 2021 välillä. Aurinkosähköntuotanto koostuu pääasiassa alle yhden megawatin pientuotantolaitteistoista. Kokonaistuotanto on kuitenkin vielä erittäin maltillinen, kun aurinkosähkön osuus oli vuonna 2021 vain 0,4 prosenttia. Pientuotanto on kuitenkin voimakkaassa ja jatkuvassa kasvussa, jonka lisäksi eri yhtiöillä on viritteillä useita eri suunnitelmia aurinkosähköhankkeista, jotka tulevat kasvattamaan tuotantoa tulevaisuudessa. Huomionarvoista on, että verkkoon liitetyn aurinkosähkön pientuotantokapasiteetti on kasvanut vuoden 2015 lähes nollaluvuista noin 400 megawatin tuotantoon vuoteen 2021 mennessä. (Energiavirasto 2022.)

Suomi on pitkä maa, joka vaikuttaa eittämättä aurinkoenergian tuotantoon ja siihen liittyvään liiketoimintaan, koska auringonsäteily pohjoisessa on pienempää, kuin etelässä. Lisäksi talviolosuhteet etenkin pohjoisessa vaikuttaa tuotantoon siten, että marraskuusta maaliskuuhun aurinkopaneelien tuottama sähköenergian määrä on pieni ja pimeimmillä alueilla olematon. Parhaiten aurinkopaneelit tuottavat sähköä maaliskuusta syyskuuhun. (Motiva 2023; Väre 2023.)

Lapin alueella toimivien aurinkosähköjärjestelmien parissa työskentelevien yritysten ajatuksia uusista liiketoimintamahdollisuuksista kartoitettiin kyselytutkimuksella osana Solarctic-hankkeen toimenpiteitä. Kysely oli suunnattu yrityksille, jotka tekevät liiketoimintaa aurinkoenergiaan liittyen ja niille, jotka ovat aurinkoenergiaan investoineet tai muutoin mukana kehitystoimenpiteissä kasvavalla toimialalla. Kysely oli avoinna alkuvuodesta 2023 ja vastauksia saatiin viideltätoista toimialueen yritykseltä tai kehitystoimijalta.

Minkälaista liiketoimintaa teet aurinkosähköjärjestelmiin liittyen tai mikä on organisaatiosi toimiala?

VASTAUKSET



Jotain muuta. Mitä?

- Verkkoyhtiö
- Sähköverkko toiminta
- Sähköverkkoon liittäminen
- Asuntojen vuokraus
- Kiinteistökehitys/rakennuttajakonsultointi
- Koulutus
- Henkilökohtainen käyttö
- Tarkoitus aloittaa aurinkosähköpaneelien asennukset

Vastaajien kokonaismäärä: 15

Vastausten lukumäärä: 29

Kysymyksessä oli mahdollisuus valita useita eri vaihtoehtoja



Kuva 1. Vastaajien toimialat.

Kyselyn vastaajat jakautuivat liiketoiminnallisesti tasaisesti useisiin eri kategorioihin, jonka myötä näkökulmia kyselyyn saatiin useasta eri perspektiivistä. (Kuva 1.) Suurimmat vastaajaryhmät muodostuivat aurinkosähköjärjestelmien myyntiin sekä asennukseen keskittyneistä henkilöistä ja näistä syntyvät myös toimialan suurimmat liiketoiminnot tällä hetkellä. Nostona vastauksista on huomioitava aurinkosähköjärjestelmien testaukseen liittyvä liiketoiminta, joka loistaa poissaolollaan. Se kuitenkin kieli siitä, että tuotteet ovat hyvin pitkälle suunniteltuja ja toimivuudeltaan varmoja, jonka myötä testaaja on itse asiakas eli aurinkosähköjärjestelmän loppukäyttäjä.

Kyselytutkimuksen vastaajien määrä jäi hiukan kokonaistavoitteesta, mutta oli riittävä tulosten analysoimiseksi ja avaamiseksi, koska vastaajakunta muodostui kokonaisuudessaan toimialalla liiketoimintoja harjoittavista yrityksistä. Vastaajien kokonaismäärä kyselytutkimuksessa oli 15 ja huomiona, että useissa kysymyksissä vastaajilla oli mahdollisuus valita useita eri vaihtoehtoja vastauksessaan.

Tuotatko aurinkosähköä henkilökohtaiseen tarpeeseen?

VASTAUKSET

● Kyllä (6) ● En (9)



Tuottaako yrityksesi aurinkosähköä omaan tarpeeseen?

VASTAUKSET

● Kyllä (9) ● Ei (6)



Vastaajien määrä: 15



Kuva 2. Aurinkosähkön tuottaminen.

Kyselyn alussa vastaajilta kartoitettiin aurinkosähkön tuotantoa, jossa vastaajilta tiedusteltiin tuottavatko he aurinkosähköä henkilökohtaiseen käyttöön tai tuottaako vastaajan yritys aurinkosähköä omaan tarpeeseensa. (Kuva 2.) Tulokset jakautuivat melko tasaisesti ja ilahduttavaa on huomata useiden toimialalla toimivien yritysten tuottavan aurinkosähköä myös omiin tarpeisiinsa. Aurinkosähkön tuotanto sekä yrityksissä, että kuluttaja tasolla on kasvava trendi kasvaneiden sähkökustannusten ja aurinkosähköteknologian kehityksen sekä toimivuuden myötä. Tulevina vuosina se tulee näkymään muun muassa useiden aurinkopaneeleiden muodossa niin yritysten, kuin esimerkiksi kesämökkiläisten katoilla ja seinillä.

Hyödyllinen ja kiinnostava, mutta vaikea aurinkoenergia

Mikä on mielestäsi suurin syy tai este sille, ettei kaikilla ole jo käytössä aurinkosähköön perustuvia tuotteita?

VASTAUKSET



Jokin muu. Mikä?

- Pimeä talvi
- Hankkeiden rahoitus
- Tukirahan hakeminen

Vastaajien kokonaismäärä: 15

Vastausten lukumäärä: 31

Kysymyksessä oli mahdollisuus valita useita eri vaihtoehtoja



Kuva 3. Syyt ja esteet aurinkosähkötuotteiden käyttämiseen.

Suurimpia syitä ja esteitä aurinkosähköön perustuvien tuotteiden hyödyntämiseen vastaajien mielestä olivat selkeästi tuotteiden hintataso sekä tiedon puute ja tietämättömyys hyödyistä. (Kuva 3.) Tuotteiden hintataso tulee varmasti tulevaisuudessa tasoittumaan ja madaltumaan kehityksen sekä tuotantokapasiteettien laajentumisen myötä, jolloin yhä useammalla yrityksellä ja yksityishenkilöllä on mahdollisuus aurinkosähkön hyödyntämiseen.

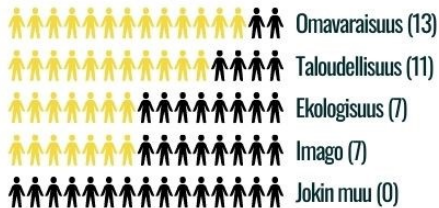
Huolestuttavampi asia mielestäni on, että tiedon puute ja tietämättömyys aurinkosähköön perustuvien tuotteiden hyödyistä on kyselyn mukaan todella suuri. Tämä varmasti näkyy toimialalla toimivien yritysten liiketoiminnassa muun muassa resurssipulana, kun paljon aikaa joudutaan käyttämään uusasiakashankintaan ja heidän perehdyttämiseensä sekä herättelyyn aurinkoenergian hyödyntämisen suhteen. Aurinkosähköön perustuvia tuotteita tulemme varmasti näkemään vuosi vuodelta kasvavissa määrin, eikä kasvava toimiala ole vielä lähelläkään huippuaan varsinkaan täällä Lapissa. Muita esteitä vastaajien mielestä olivat tarjonnan heikkous ja toimitusajat, joka johtuu kasvavasta kysynnästä. Lisäksi Lapin pimeä talvi, hankkeiden rahoitus ja tukirahan hakeminen nousivat esille ja ne ovat mielestäni kytköksissä tiedon puutteeseen.

Voimakkaasti kasvavasta toimialasta puhuttaessa vastuu tiedonjakamisesta on mielestäni niin yrityksillä, kuin meillä hanketoimijoillakin, jotta tulevaisuudessa myös täällä Lapissa

jokainen olisi tietoinen aurinkoenergian kautta saatavissa olevista hyödyistä. Aurinkoenergian hyödyntäminen on osa vihreää siirtymää, johon ennen kaikkea jokainen yritys pitää saada heräteltyä mukaan investointien muodossa ja niihin rahallista tukea on haettavissa.

Mitkä asiat erityisesti kiinnostavat aurinkosähköjärjestelmissä?

VASTAUKSET



Vastaajien kokonaismäärä: 15

Vastausten lukumäärä: 38

Kysymyksessä oli mahdollisuus valita useita eri vaihtoehtoja



Kuva 4. Kiinnostavat asiat aurinkosähköjärjestelmissä.

Kiinnostus aurinkosähköjärjestelmiä kohtaan muodostuu ennen kaikkea sen luomasta omavaraisuudesta sekä taloudellisuudesta, kun järjestelmät tuottavat aitoa hyötyä asiakkaalle ja investointi maksaa itsensä takaisin tietyllä aikajänteellä. (Kuva 4.) Lisäksi aurinkosähköjärjestelmien ekologisuus sekä imago arvo nousee esille, ja ne ovatkin osa ympäristöystävällisyyden ja vihreän siirtymän aikakautta, jota juuri nyt elämme. Kasvavien elinkustannusten myötä omavaraisuuden trendi tulee näkymään niin yritysten, kuin yksityishenkilöiden kasvavana kiinnostuksena aurinkosähköjärjestelmiä kohtaan.

Missä aurinkosähköjärjestelmiin liittyvistä teemoista näet eniten liiketoimintamahdollisuuksia tai kehitettävää?

VASTAUKSET



Vastaajien kokonaismäärä: 15

Vastausten lukumäärä: 64

Kysymyksessä oli mahdollisuus valita useita eri vaihtoehtoja

Jokin muu teema. Mikä?

- Teollisen mittakaavan järjestelmät



Kuva 5. Kehityskohteet ja liiketoimintamahdollisuudet aurinkosähköjärjestelmissä.

Teemat, jotka kyselyssä nousevat erittäin vahvasti esille mietittäessä kehityskohteita ja liiketoimintamahdollisuuksia aurinkosähköjärjestelmiin liittyen ovat kiinteistön kulutuksen optimointi sekä akut ja energian varastointi. (Kuva 5.) Kasvavien kustannusten myötä kulutuksen optimointiin halutaan kiinnittää entistä tarkemmin huomiota niin yritysten, omakotitalouksien kuin taloyhtiöiden kohdalla. Aurinkosähköjärjestelmät itsessään eivät kuitenkaan ole riittävä ratkaisu kulutuksen optimoinnille, vaan se tarvitsee tuekseen kiinteistön kulutussenseurantaa datan avulla. Kulutuksen tulisi vastata aurinkosähkön tuotantoon, jota puolestaan pitäisi ohjata niille tunneille, kun tuotanto on parhaimmillaan. Lisäksi mukaan kytkeytyy aiemmin mainitut akut ja energian varastointi, joiden avulla on mahdollista hyödyntää aurinkosähköä entistä tehokkaammin.

Vastauksista on huomattavissa, että mahdollisuuksia nähdään myös monissa muissa aurinkosähköjärjestelmiin liittyvissä teemoissa, joka vahvistaa entisestään ajatusta kasvavan toimialan voimakkaasta kehityksestä niin uusien tuotteiden, kuin olemassa olevien ratkaisuiden uudenaikaisessa ja tehokkaammassa hyödyntämisessä. Kehityskohteina noston esille teollisen mittakaavan järjestelmät, kuluttajaosaamisen ja tiedon kulun, joiden eteen töitä on tehtävä, jotta kaikki potentiaali aurinkoenergiasta pystytään hyödyntämään.

Minkälaisia aurinkosähköön perustuvia ratkaisuja uskot tulevaisuudessa ilmestyvän katukuvaan?

VASTAUKSET



Jokin muu. Mikä?

- Autokatosten ja muiden pienehköjen rakennelmien kattaminen paneeleilla
- Retkeilyalueiden WC-tilojen urean höyrystäminen
- Aurinkovoimala puistot

Vastaajien kokonaismäärä: 15

Vastausten lukumäärä: 43

Kysymyksessä oli mahdollisuus valita useita eri vaihtoehtoja



Kuva 6. Tulevaisuuden aurinkosähköratkaisut katukuvassa.

Tulevaisuudessa katukuvassa uskotaan olevan useita erilaisia aurinkosähköön perustuvia ratkaisuja, joista ennen kaikkea seinäpaneelit, parvekekaiteiden korvaus aurinkopaneeleilla, erilaiset latauspisteet ja mainostaulut keräsivät ääniä vastaajien keskuudessa. Lisäksi pienehköjen rakennelmien kattaminen aurinkopaneeleilla ja aurinkovoimala puistot nousivat esille osana tulevaisuuden katukuvaa. Todettava on, että aurinkosähkön hyödyntäminen erilaisissa käyttökohteissa, tuotteissa ja yleisessä katukuvassa on Suomessa ja ennen kaikkea Lapissa vielä erittäin vähäistä, mutta toivon mukaan tulemme näkemään toistaan innovatiivisimpia ratkaisuja tulevaisuudessa.

Kyselyn vapaiden vastausten muodossa esille nousseita asioita

Toimialan vakiintuminen ja vastuullisuuden merkitys tulee ottamaan oman aikansa, joka puolestaan hidastaa vakaiden toimijoiden kasvua ja toimialan normalisoitumista. Lisäksi nähdään, että kaamoksen vaikutus toimialaan Suomessa on vääjäämätön ja olisi pidättäytyvä olemassa olevien tuotteiden laadun varmistamisessa sekä tuotannon, aurinkosähkön varastoinnin ja tuotantokauden tuottohyötyjen maksimoinnissa.

Mahdollisuuksia uusille aurinkosähköjärjestelmiin liittyville tuotteille ja innovatiivisille käyttötavoille nähdään osana useita Suomessa olevia retkeilyalueita sekä kerrostalojen parvekekaiteiden tehokkaampana hyödyntämisenä aurinkopaneelien muodossa. Parvekelasikaiteen hinta on verrattavissa aurinkopaneeliin, eli varsinkaan uudiskohteissa se

ei vaadi suurempia investointeja. Aurinkopaneelit kaiteissa on myös huoltovapaampi ratkaisu kattoasennuksiin verrattuna ja lisää paneelien käyttöikä. Pystyrakenteisiin asennettavia paneeliratkaisuja tulisikin kehittää voimakkaasti, jotta ne voisivat korvata osittain myös muita julkisivumateriaaleja.

Näiden vastausten pohjalta voitaneen todeta, että aurinkosähköjärjestelmien hyödyntäminen varsinkin uudisrakentamisessa olisi järkevää. Tuhansien järvien ja retkeilyalueiden Suomessa allekirjoitan useat vastaukset liittyen aurinkosähköjärjestelmien hyödyntämiseen retkeilyalueilla eri muodoissa, koska parhaillaan voidaan pienentää retkeilykohteiden viihtyvyyttä ja huoltokustannuksia hyödyntämällä innovatiivisia aurinkoenergia ratkaisuja.

Aurinkoenergia osana energia-alan murrosta Suomessa

Murroksessa olevalla energia-alalla aurinkoenergian tuotanto kasvaa vuosi vuodelta, ja yhä useimmiten itse kuluttajatkin toimivat energiantuottajina. Tarvetta sähkölle on enemmän kuin koskaan ja yhtenä aurinkoenergian suurimpana houkuttimena pidetään rahaa. Parhaillaan aurinkosähkö on esimerkiksi taloyhtiölle kannattava investointi niin rahallisesti, kuin arvollisesti. Uusiutuvan energian hyödyntäminen on ympäristöä hellivä trendi ja lisäksi sillä on vaikutusta kiinteistöjen arvoon sekä arvostukseen. (Luukkonen 2022.)

Aurinkopaneelien tuottavuus Suomessa on hyvällä tasolla ja esimerkiksi Etelä-Suomen tuotanto on verrattavissa Keski-Euroopan vastaavaan. Ilmatieteenlaitoksen testivuoden perusteella kokonaissäteilyenergiat vaakapinnalle ovat Pohjois-Suomessa noin 790 kWh/m², Keski-Suomessa noin 890kWh/m² ja Etelä-Suomessa noin 980 kWh/m². Eteläisiin leveysasteisiin verrattuna Suomen auringonvalon määrä vuorokaudessa on pienempi, mutta viileästä ilmastosta on myös hyötyä, koska paneelien lämpötilan kasvu vaikuttaa negatiivisesti niiden toimintaan. Suomen talvi on yksi ongelmakohta aurinkoenergian tuotannossa, mutta erittäin valoisa kesä kompensoi aurinkoenergian tuotantopotentiaalia. (Powera 2022.)

Pohdinta

Suomi on mahdollisuuksien maa, jota alleviivaa kyselytutkimuksen tulokset. Kaamoksesta ja pitkästä talvesta huolimatta aurinkoenergiaan uskotaan ja sen suhteen ollaan valmiita olemaan innovatiivisia. Liiketoiminnallisesti aurinkoenergian hyödyntäminen meillä Lapissa on vielä vähäistä, mutta toimiala on kovassa kasvussa koko Suomen laajuisesti. Olemassa olevaa aurinkoenergiaan liittyvää teknologiaa sekä tutkimustuloksia on olemassa jo riittävästi, jotta voidaan todeta aurinkoenergian tuottavan hyötyä Suomessa sekä täällä pohjoisessa.

Kehitettävää toimialalla on edelleen, mutta jo nyt aurinkosähköjärjestelmien avulla uutta liiketoimintaa on mahdollista muodostaa. Uudet liiketoimintamahdollisuudet, joita kyselytutkimuksen avulla kartoitettiin muodostuvat tulevaisuudessa entistä vahvemmin olemassa olevien teknologioiden ja tuotteiden uudenlaiseen sekä innovatiiviseen hyödyntämiseen. Aurinkosähköjärjestelmät tulee myös ottaa entistä vahvemmin mukaan osaksi uudisrakentamista sekä paljon energiaa kuluttavia tuotteita ja järjestelmiä, jotta aurinkosähkön todellinen potentiaali pystytään valjastamaan. Energian varastoinnista

puhutaan jo nyt erittäin paljon ja se on myös tutkimuksen mukaan yksi kehityskohde, jotta aurinkoenergiantuotanto saadaan täysimääräisesti hyödynnettyä.

Lähteet

Energiavirasto 2022. Aurinkosähkön kapasiteetti kasvoi Suomessa yli 100 megawattia vuonna 2021. Verkkosivu. Viitattu 20.4.2023. <https://energiavirasto.fi/-/aurinkosahkon-kapasiteetti-kasvoi-suomessa-yli-100-megawattia-vuonna-2021>

Luukkonen, K. 2022. Aurinkosähkö on tuottava investointi. Verkkosivu. Viitattu 20.4.2023. <https://www.isannointiliitto.fi/isannointi-lehti/aurinkosahko-on-tuottava-investointi/>

Motiva 2023. Auringonsäteilyn määrä Suomessa. Verkkosivu. Viitattu 25.4.2023. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara_suomessa

Powera 2022. Kannattavatko aurinkopaneelit Suomessa? Verkkosivu. Viitattu 20.4.2023. <https://powera.fi/kannattavatko-aurinkopaneelit-suomessa/>

Väre 2023. Toimivatko aurinkopaneelit talvella? Verkkosivu. Viitattu 25.4.2023. <https://vare.fi/aurinkopaneelit/talvella/>

Aurinkosähköjärjestelmä saarekekäytössä

Petri Kuisma

Johdanto

Aurinkosähköjärjestelmät jaetaan On-Grid ja Off-Grid tyyppisiin järjestelmiin. Saarekekäytössä käytetään Off-Grid järjestelmää. Off-Grid järjestelmä toimii itsenäisesti tuottaen kaiken kiinteistön tarvitseman sähköenergian. Aurinkopaneelien tuottama energia Off-Grid -järjestelmissä varastoidaan lähes aina akustoihin. On-Grid järjestelmä toimii kiinteistön sähköverkon kanssa rinnan. Paneeleista saatava sähköenergia voidaan esimerkiksi syöttää suoraan kiinteistön pääkeskuksen kautta kiinteistön omaan käyttöön tai myydä paikalliselle sähköyhtiölle. On-Grid -järjestelmä voidaan tarvittaessa myös varustaa akustoilla sähköenergian varastoimiseksi. Aurinkosähköjärjestelmiin voidaan liittää myös 230V sähkölaitteistoja, kuten esimerkiksi pistorasioita. 230 V:n järjestelmä edellyttää invertterin eli vaihtosuuntaajan käyttöä.

Saarekekäytössä kiinteistön sähköverkko toimii itsenäisesti aurinkosähkön avulla suoraan paneeleilta tai akustoon varatun energian avulla. Tällöin sähköverkko on irrallaan valtakunnan verkosta. Saarekekäyttöön mennään yleensä vikatilanteissa, mutta aurinkosähköjärjestelmissä voidaan itse tuotettu energia käyttää ensisijaisesti omaan käyttöön ja tarvittaessa ylimääräinen sähköenergia myydä esimerkiksi paikalliselle sähköyhtiölle.

Kantaverkon saarekekäyttö

Luotettava ja taloudellinen sähköhuolto edellyttää sähkötuotannon yhteiskäyttöä eli voimalaitosten liittämistä sähköverkon välityksellä toisiinsa. Tällöin voimalaitoksia voidaan käyttää koko järjestelmän kannalta optimaalisesti ja koko järjestelmän reservit ovat vika- ja häiriötilanteissa kaikkien sähköntuottajien käytettävissä.

Saarekekäytössä järjestelmä joutuu säätämään jännitettä ja taajuutta itsenäisesti. Yhteys kantaverkkoon saatetaan menettää esimerkiksi suuren voimalaitosyksikön irtikykytymisen tai tärkeiden siirtoyhteyksien katkeamisen seurauksena, kun taajuuden ja jännitteen lasku aiheuttaa verkoston suojauksen toiminnan. Normaalisti kantaverkon taajuus pyritään pitämään säädöllä alueella 49,9–50,1 Hz. (Kuisma, P. 1993)

Saarekeytkennän asettelussa tulee huomioida seuraavia tavoitteita:

- Kantaverkkoa tulee tukea mahdollisimman pitkään ennen saarekekäyttöön siirtymistä.
- Eroonkykytymisen tulee tapahtua niin aikaisessa vaiheessa, että saarekkeeseen jäävien tuotantokoneistojen suorituskyky on vielä kokonaan käytössä.
- Saarekkeessa on ehdittävä tekemään kuormanirrotusta ja pysäyttämään taajuuden lasku ennen koneiden irtoamista verkosta (47,5–47,0 Hz).

Suomi kuuluu pohjoismaiseen synkronialueeseen Ruotsin, Norjan ja Tanskan Sjäällannin kanssa. Jos tällä alueella verkosta irtoaa voimalaitos, se vaikuttaa koko alueella.

Saarekekäyttö aurinkosähköjärjestelmissä

Varavoimana toimiva aurinkosähköjärjestelmä on huoleton kokonaisratkaisu kodin energiantarpeisiin. Jos sähköjakelussa tapahtuu häiriö, varavirtatoiminnolla varustettuun invertteriin lähetetään signaali, joka kytkee järjestelmän irti jakeluverkosta ja siirtää sen saarekekäyttöön. Tämän ansiosta aurinkosähköjärjestelmä pystyy tuottamaan energiaa itsenäisesti. Päiväsaikaan kiinteistölle syötetään voimalan tuottamaa sähköä aivan kuten muulloinkin.

Jos käytössä on myös aurinkosähköakku, ylijäämäenergia voidaan varastoida ja hyödyntää illalla tai silloin, kun tuotantoa ei ole riittävästi esimerkiksi paksun pilvipeitteen vuoksi. Nykyinen sähköverkko on muuttumassa älykkäämmäksi mikroverkkojen, uusiutuvan energian ja sähkövarastointiteknologioiden kehittyessä. Mikroverkot ovat kantaverkkoa pienempiä paikallisia sähköverkkoja. Ne voivat toimia kantaverkon yhteydessä tai irrallisina saarekkeina, jotka ovat sähköntuotannon ja siirron suhteen omavaraisia. Perinteisesti sähköverkossa sähkö johdetaan tuotantolaitoksesta kuluttajille yhdensuuntaisesti, ja toiminta perustuu historialliseen tietoon markkinoista. (Fronius 2018)

Mikroverkoissa sähköenergia voi siirtyä molempaan suuntaan ja niissä voi olla sekä keskitettyä, että hajautettua energiantuotantoa. Mikroverkkoja käytetään tyypillisimmin paikoissa, joissa yhteydet kantaverkkoon puuttuvat tai ne ovat heikot. (Lounasheimo, A. 2020)

Saarekekäyttö Lapin AMK:n laboratoriossa

Lapin AMK:n talotekniikan laboratorioon sijoittuvat Froniuksen laitteistot ja Sonnenin akku kuvan 1 mukaisesti. Froniuksen kolmivaiheiset invertterit palvelevat verkon kaikkia kolmea vaihetta. Yleensä kolmivaiheisilla inverttereillä saadaan aurinkosähköjärjestelmästä suurin hyöty, sillä sen avulla tuotettua sähköä voidaan syöttää kaikkiin kohteiden sähkölaitteisiin. Kolmivaiheisesta invertteristä saatava hyöty riippuu kuitenkin siitä, miten sähkölaitteet on ryhmitelty ja millaisia laitteita kohteessa on.

Toistaiseksi sähköntuotanto alueen sähköverkkoon ei ole kannattavaa. Kannattavinta on sähköntuotanto omaan tarpeeseen. Verkkoon syötettävän sähköntuotannon määrä voidaan minimoida siten, että kaikissa kolmessa vaiheessa on laitteita päällä silloin, kun aurinkosähköjärjestelmä tuottaa sähköä. Mikäli vain yhdessä tai kahdessa vaiheessa on laitteita päällä, ilman kuormia olevaan vaiheeseen/vaiheisiin syötetty sähkö siirtyy verkkoon.

Laboratorion aurinkosähköjärjestelmien paneelien tuottama sähkö varastoidaan ensisijaisesti Froniuksen ja Sonnenin akkuihin, jonka jälkeen aurinkosähköllä lämmitetään 3 m³ vesivaraajaa. Jos vielä on ylituotantoa niin sähkö voidaan siirtää kiinteistön omaan verkkoon käytettäväksi.

Fronius Snap Inverter on yksinkertainen ja standardisoitu asennusjärjestelmä, jota voidaan käyttää yksityisasunnoista suuriin teollisuustason asennuksiin. Järjestelmässä on täysin integroitu tietojenkoonti, WLAN, ethernet, energianhallinta ja web-server. Fronius invertteri muuntaa aurinkopaneelien tuottaman tasavirran vaihtovirraksi. Vaihtovirta syötetään julkiseen sähköverkkoon yhteensovitulla verkkojännitteellä. Fronius invertteri on suunniteltu käytettäväksi ainoastaan verkkoon kytketyissä aurinkosähköjärjestelmissä. Invertteri valvoo automaattisesti julkista sähköverkkoa. Normaalisti poikkeavissa verkko-olosuhteissa invertteri käynnistyy ja keskeyttää syötön sähköverkkoon esim. verkkohäiriöiden tai katkosten yhteydessä. Verkon valvonta tapahtuu jännitteen, taajuuden ja saarekeolosuhteiden valvonnan kautta.

Invertterin käyttö on täysin automaattista. Heti kun aurinkopaneeleista saa riittävästi sähköä auringonnousun jälkeen, invertteri alkaa valvoa verkkoa. Riittävässä auringonsäteilyssä invertteri käynnistää syöttämisen verkkoon. Tällöin invertteri toimii siten, että aurinkopaneeleista saadaan paras mahdollinen teho. Heti kun energian tarjonta ei riitä verkkoon syötettäväksi, invertteri katkaisee kokonaan tehoelektroniikan yhteyden verkkoon ja lopettaa toiminnan. Kaikki asetukset ja tallennetut tiedot pysyvät tallella.

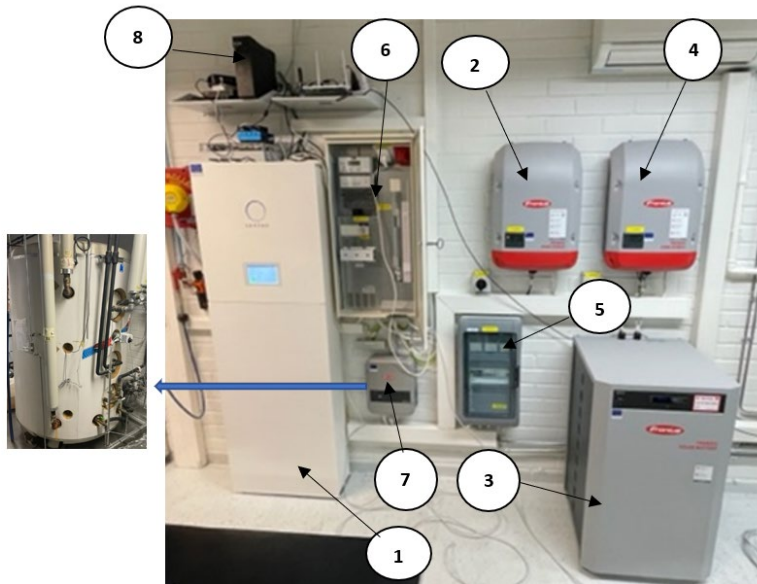
Varavoimana toimiva esimerkiksi Froniuksen aurinkosähköjärjestelmä on huoleton kokonaisratkaisu testilaboratorion energiantarpeisiin. Jos sähköjakelussa tapahtuu häiriö, varavirtatoiminnolla varustettuun Froniuksen invertteriin lähetetään signaali, joka kytkee järjestelmän irti jakeluverkosta ja siirtää sen saarekekäyttöön. Tämän ansiosta aurinkosähköjärjestelmä pystyy tuottamaan energiaa itsenäisesti. Päiväsaikaan laboratorioon syötetään aurinkojärjestelmän tuottamaa sähköä aivan kuten muulloinkin.

Koulun testilaboratorion Fronius järjestelmää ei ole varustettu edellä mainitulla automatiikalla, vaan saarekkeeseen meneminen ja poistuminen tapahtuu manuaalisesti. Koulun laboratorion Froniuksen ja Sonnenin aurinkosähköakkuihin ylijäämäenergia voidaan varastoida ja hyödyntää saarekekäytössä, kun kiinteistön jakeluverkossa on verkkohäiriö. Kun verkkohäiriö on ohi, Fronius Smart Meter lähettää signaalin, jolla järjestelmä kytketään takaisin verkkoon. Tällöin sähköä voidaan jälleen tarpeen mukaan ottaa verkosta tai syöttää verkkoon.

On tärkeää muistaa, että kaikki aurinkosähköjärjestelmät eivät tuota sähköä sähkökatkon sattuessa. Jos käytössä on niin kutsuttu PV only-invertteri, siinä ei ole esimerkiksi varavoimakäytön edellyttämiä releitä ja suojakomponentteja. Tämän vuoksi saarekeverkon muodostaminen ei ole mahdollista. Sen sijaan, jos käytössä on hybridi-invertteri, jossa on varavirtatoiminto, sähkönsaanti on turvattu myös jakeluverkon häiriötilanteissa.

Myös aurinkosähköakuissa on eroja. Kaikki akut eivät ole yhteensopivia varavirtatoiminnolla varustettujen hybridi-invertterien kanssa tai pysty varastoimaan energiaa sähkökatkon aikana. Froniuksen valikoiduissa hybridi-inverttereissä käytetään Multiflow-tekniikkaa, jonka ansiosta akkua voidaan ladata myös varavoimakäytössä. Fronius on yksi harvoista varavoimapaketteja tarjoavista valmistajista. (Fronius 2018)

Lapin ammattikorkeakoulun laboratoriossa testataan saarekekäytön toimintaa esimerkiksi häiriötilanteessa. Saarekkeeseen meneminen tapahtuu manuaalisesti kytkintä kääntämällä ja vastaavasti saarekkeesta poistuminen tapahtuu manuaalisesti.



Kuva 1. Lapin amk:n aurinkosähköjärjestelmä.

A. Aurinkosähköjärjestelmä 5.5 kWp

1. Akusto Sonnenbattery 16 kWh
 2. Fronius invertteri 5 kW
- Sonnenbattery akustoa voidaan ohjata ohjelmallisesti

B. Aurinkosähköjärjestelmä 5 kW

3. Akusto Fronius 12 kWh
 4. Fronius invertteri 5 kW
- Käyttövedenlämmitys ylituotannon hyödyntämiseen (3 kW)
- **Mahdollisuus luoda oma saareke**
- Järjestelmään voidaan asentaa ohjattuja kuormia (esimerkiksi sähköauton lataus)
5. 22 kW latausasema
 6. Ryhmäkeskus
 - 2 x 32 A mittaroidut sähköliitännät, esim. V2G-latausasemalle
 - Laboratorion ja koulun sähköverkon väli on mittaroitu kaksisuuntaisesti
 7. Varaajan sähkön syöttöyksikkö
 8. UPS -varasähkölaite

Lähteet

Fronius 2018. Symo-käyttö- ja asennusohje.2018. Viitattu 15.4.2023.

<https://www.fronius.com/~/downloads/Solar%20Energy/Installation%20Instructions/42,0426,0201,FI.pdf>

Kuisma, P. 1993. Saarekekäyttö Kemijoen alueen voimalaitoksilla. Diplomityö. Energiatekniikan osasto. Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu. Viitattu 5.4.2023

Lounasheimo, A. 2020. Syrjäseuduilta kaupunkeihin – mikroverkot mahdollistavat vähähiilisen energiantuotannon yleistymisen. Teknologiateollisuus.fi. Viitattu 5.4.2023. <https://teknologiateollisuus.fi/en/node/27084>



SOLARTIC

BUILD⁷
IT
DIGITAL