

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, insinööri

2021

Petra Sihvonen-Hovila

AURINKOSÄHKÖ JULKISESSA RAKENNUKSESSA

– Someron kaupungintalo

Petra Sihvonen-Hovila

AURINKOSÄHKÖ JULKISESSA RAKENNUKSESSA

– Someron kaupungintalo

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tarjota tietoa aurinkosähköstä ja tuoda esiin aurinkosähkön hankinnassa vaikuttavia tekijöitä sekä tarjota apua aurinkosähköjärjestelmän hankintaprosessin, mitoituksen ja kannattavuuden tarkasteluun julkisessa rakennuksessa.

Someron kaupunki on ilmasto-ohjelmassaan asettanut tavoitteeksi uusiutuvan energian käytön lisäämisen. Someron kaupungintalon kiinteistöön on suoritettu selvitys energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksista. Selvityksen mukaan kaupungintalon kiinteistöön suositellaan aurinkosähkövoimalaa. Kiinteistön katolle on tehty vuonna 2020 kuntokartoitus, jonka pohjalta kaupungintalon singelikatto tulisi uusida kolmen vuoden aikana. Opinnäytetyössä tarkastelun kohteeksi valikoitui potentiaalisesti energiatehokkuutta aurinkosähkövoimalla parantava ja korjausrakentamisen kohteeksi tuleva Someron kaupungintalo. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Someron kaupunki.

Työ käsittelee uusiutuvana energiamuotona aurinkoenergiaa ja investointia aurinkosähköjärjestelmään sekä hankintaprosessia kunnan näkökulmasta julkisessa rakennuksessa. Opinnäytetyössä tarkasteltiin tarkemmin korjaustarpeessa olevan Someron kaupungintalon katolle asennettavan aurinkosähköjärjestelmän hankinnassa, mitoituksessa ja kannattavuudessa huomioitavia asioita. Työssä pohdittiin myös aurinkosähköjärjestelmän hankintaa osana Someron kaupungin ilmasto-ohjelmaa ja panostuksena tulevaisuuteen.

Opinnäytetyö tarjosi Someron kaupungille tietoa aurinkosähköjärjestelmästä ja työ voi toimia myös eräänlaisena investointiehdotuksena aurinkosähköjärjestelmän hankinnassa.

ASIASANAT:

aurinkoenergia, aurinkosähkö, investointi, mitoitus, paneeli, takaisinmaksuaika

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Engineer, construction engineering

2021 | 63 pages

Petra Sihvonon-Hovila

SOLAR ENERGY IN A PUBLIC BUILDING

– Somero City Hall

The purpose of this study was to provide information about the solar energy system and highlight the factors influencing the investment in a solar system, as well as to provide assistance in examining the investment process, dimensioning and profitability of the solar system in a public building.

The city of Somero has set the goal of increasing the use of renewable energy in its climate program. According to a previous study on the possibilities of improving energy efficiency at the Somero City Hall property, a solar energy plant is recommended for the City Hall property. In 2020 a survey was carried out on the condition of the roof of the property on the basis of which the roof of the town hall should be renewed within three years. In the thesis, Somero City Hall, which could potentially improve energy efficiency with solar power and be the subject of renovation construction, was selected for consideration. The thesis was commissioned by the city of Somero.

This work analyses renewable solar energy and investment in a solar system, as well as the procurement process from the community's point of view in a public building. This study examines in more detail the issues to be considered in the investment, dimensioning and profitability of a solar system to be installed on the roof of a Somero city hall in need of repair. This study also discusses the investment of a solar system as part of the climate program of Somero city.

The thesis provided information about the solar energy system and the work can also serve as a kind of investment proposal in the procurement of the solar energy system to the city of Somero.

KEYWORDS:

investment, panel, payback time, sizing, solar energy, solar power

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 AURINKOENERGIA	9
3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ	12
3.1 Paneelit	13
3.2 Invertteri	14
3.3 Akku	16
3.4 Asennus	17
3.5 Suuntaus ja kallistuskulma	20
3.6 Auringon säteilyenergia	21
4 INVESTOINTI AURINKOSÄHKÖENERGIAAN	23
4.1 Sähkö verkosta ja aurinkosähkö	24
4.2 Mitoitus	27
4.3 Sähkömarkkinalaki ja verotus	28
4.4 Investoinnin taloudellinen tarkastelu	29
4.5 Investoinnin rahoitus ja tuet	32
4.6 Aurinkosähköinvestointi kunnissa	34
5 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ JULKISESSA RAKENNUKSESSA	36
5.1 Aurinkosähköjärjestelmän hankintaprosessi kunnassa	36
5.2 Aurinkosähköjärjestelmän tarjouspyyntö	38
5.3 Kiinteistön energiatalouden parantaminen	39
5.4 Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus julkisessa rakennuksessa	40
5.5 Someron kaupunki ja uusiutuva energia	43
5.6 Someron kaupungintalo	43
5.7 Aurinkosähköjärjestelmä Someron kaupungintalossa	44
5.8 Sähkön kulutus ja hinta kaupungintalossa	48
5.9 Tuotannon ja sähkön kulutuksen vertailu	50
5.10 Kannattavuustarkastelu	52
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	55
LÄHTEET	60

KUVAT

Kuva 1. Auringon vuodessa säteilemä energiamäärä fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna.	9
Kuva 2. Sähköverkkoon kytketyn aurinkojärjestelmän toimintaperiaate.	12
Kuva 3. Asennustavan ja lämpötilan vaikutus aurinkosähköjärjestelmän tuotantoon.	20
Kuva 4. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin.	25
Kuva 5. Aurinkosähkö on arvokkaimmillaan, kun sillä vältetään sähkön ostaminen.	26
Kuva 6. Hankintaprosessin eteneminen investointituki huomioiden.	38
Kuva 7. Someron kaupungintalon tasakatto. Vesikatteena on sorastettu bitumikermikate.	44
Kuva 8. Tuotantosimulaation mukaan paneelien tilantarve ja sijoittelu 28,8 kWp:n järjestelmälle, 80 paneelia.	47
Kuva 9. Tuotantosimulaation mukaan paneelien tilantarve ja sijoittelu 25,3 kWp:n järjestelmälle, 92 paneelia.	48
Kuva 10. Someron kaupungintalon sähkönkulutus kWh/kk ja ulkolämpötila vuonna 2020.	49
Kuva 11. Sähkön hinta yritys- ja yhteisöasiakkaat 20–499 MWh/vuosi välillä 2010–2020.	50
Kuva 12. Optimaalisen aurinkosähköjärjestelmän vuosituotanto ja sen jakautuminen kuukausitasolla.	51
Kuva 13. Sähkön kulutus Someron kaupungintalo 2020 verrattuna 25,3 kWh:n järjestelmän tuotantosimulaation aurinkosähkön tuotantoon.	52

TAULUKOT

Taulukko 1. Vaakatasolla mitattuna aurinkoenergian saantimahdollisuus esimerkki kohteissa.	22
Taulukko 2. Aurinkosähkön pääoma ja käyttökustannukset, järjestelmän käyttöikä sekä saanto.	32
Taulukko 3. Kannattavuuslaskelma 30 kWh:n järjestelmälle, Someron kaupungintalo.	53

1 JOHDANTO

Yli viisitoista vuotta sitten Erat (1994, 10–11) totesi teoksessaan *Ekologia, ihminen, ympäristö* totuuden olevan se, että ”toiset eivät tee tätä elinympäristömme parannustyötä puolestamme”. Ongelmia on ratkaistava ja se edellyttää, että jokainen osallistuu alueella, jossa voi itse vaikuttaa. Kaikkia ongelmia ei voi ratkaista heti ja saman aikaisesti vaan matkan tulevaisuuteen tulisi koostua monista pienistä askeleista. Myönteisiä toimenpiteitä on tehtävä määrätietoisesti.

Kestävän kehityksen huomioiva uusiutuvan energian käyttö vähentää hiilidioksidipäästöjä ja edelleen pienentää hiilijalanjälkeä (RIL 2014). Kaikkialla tullaan siirtymään uusiutuvan energian käyttöön ja siirtyminen etenee useiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Kustannusten lasku ajaa taloudellisesti muutosta. Lisäksi maantieteellisesti alkaa olla yhä haastavampaa saada maaperästä irti runsaasti hiiltä sisältäviä fossiilisia polttoaineita. (Brown 2017, 185.) Hiilestä ja öljystä voimansa saava energiatalous muuttuu yhä selkeämmin perustuvaksi tuuli- ja aurinkovoimaan. Uusiutuvalla aurinkoenergialla voidaan tuottaa sähköä ja lämpöä. (Erat 1994, 10–11.)

Uusiutuvalla lähien energialla tarkoitetaan pienimuotoisesti tuotettua energiaa eli energiaa tuotetaan lähialueellisesti, rakennusryhmäkohtaisesti kuten taloyhtiöissä tai rakennuskohtaisesti. Rakennus ja rakennusryhmäkohtaisesti tuotettu aurinkoenergia, tuulienergia ja myös lämpöpumpuilla (maa-/ilmalämpö) tuotettu energia ovat tyypillisiä esimerkkejä omavaraisesti tuotetusta lähien energiasta. Lähien energialla voidaan tuottaa tarvittava perusenergia kokonaan yksin tai yhdessä eri energiamuotojen kanssa yhdistelmäratkaisuin. (RIL 2014, 10.)

Vuoteen 2040 mennessä energiaan investoidaan globaalisti tuhansia miljardeja euroja ja suurin osa investoinneista tulee kohdentumaan aurinkoenergiaan. Aurinkoenergialla on hyvä tuotantopotentiaali Suomessa. (Auvinen ym. 2016, 7–8.) Hiilivoimaloiden savupiiput katoavat, mitä enemmän hyödynnetään uusiutuvia energiamuotoja, kuten tuuli- ja aurinkovoimaa. Aurinkoenergian voimalähteitä saattaa sijaita niinkin lähellä kuin katolla päidemme päällä. Aurinkopaneelit paistattelevat päivää katoilla ja tuulivoimaloiden lavat kääntyvät kaukaisuudessa kauniisti, puhdas energian aikakausi siintää edessäpäin. (Brown 2017, 186, 208.)

Aurinkoenergia-ala jakaantuu kahteen osaan: aurinkosähköalaan ja aurinkolämpöalaan. Viime vuosina aurinkosähköala on ohittanut aurinkolämpöalan. Aurinkosähkö ja -lämpö ovat taloudellisesti Suomessa kannattavia investointeja, mikäli aurinkoenergia tuotetaan omaan käyttöön ja sillä korvataan kalliimpaa ostoenergiaa. Kannattavuuden laskentaaikana on hyvä käyttää paneelien tai keräinten takuuajan pituista aikajaksoa. Lisäksi kuntien tapauksessa työ- ja elinkeinoministeriön energiatuen saaminen on monesti kannattavuuden ehto. (Auvinen ym. 2016, 7–9.)

Työ ja elinkeinoministeriön asettaman sektori-integraatiotyöryhmän tavoitteena on esittää toimia osaksi hallitusohjelman asettamaa tavoitetta, saavuttaa ilmastoneutraalius Suomessa 2035 mennessä ja parantaa Suomen kilpailukykyä. Sektori-integraatiossa keskeisessä roolissa on muun muassa puhtaan sähkön hyödyntäminen talouden vähähiilikehityksen vauhdittamiseksi. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020b.) Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä velvoittaa valtion ja kunnat toimimaan esimerkkinä energiatehokkuuden edistämiseksi ja julkisissa hankinnoissa ottamaan energiatehokkuus yhdeksi keskeiseksi kriteeriksi noudattaen valtioneuvoston periaatepäätöstä kestävien valintojen edistämiseksi julkisissa hankinnoissa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020d.)

Somerolla ilmastonmuutos otetaan huomioon ja tunnistetaan energiatuotannon päästöjen olevan yksi mahdollinen keino vaikuttaa ilmastonmuutokseen. Sähkönkulutus on mitattavaa ja huomioitavaa on, että energiantuotannon päästöjä voidaan vähentää nimenomaan sähkönkäyttöä vähentämällä. Vähentämällä energiaa runsaasti vievien tuotteiden kulutusta ja lisäämällä vähäpäästöisiä tai päästöttömiä energialähteitä. (Somero 2020a.) Someron kaupunki oli 2010 mukana Kuntaliiton ilmastohankkeessa ”Kokonaisuuden hallinta ja ilmastonmuutos kunnan päätöksenteossa”. Tutkimuksessa kerättiin tietoa kunnan työntekijöiden ja päättäjien näkemyksestä ilmastoasioihin. Suurin osa tutkimukseen osallistuneista piti ilmastonmuutosta todellisena tämän päivän ongelmana. Positiivista oli se, että Someron kaupungin katsottiin voivan vaikuttaa omalla toiminnallaan ilmastonmuutokseen. (Somero 2020b.)

Opinnäytetyön tarkoitus on tarjota tietoa aurinkosähköjärjestelmästä ja sen hankinnassa ilmeneviin kysymyksiin julkisessa rakennuksessa, sekä tarkastella aurinkosähköjärjestelmää toimeksiantajan kohteeseen. Toimeksiantajana toimii Someron kaupunki. Työssä tarkastellaan aurinkoenergiaa yleisellä tasolla, aurinkosähköä uusiutuvana energialähteenä, aurinkosähköjärjestelmän komponentteja ja asennusta, hankinnassa

huomioitavia asioita, investoinnin kannattavuutta, järjestelmän mitoitusta, sekä aurinkosähköjärjestelmän hankintaprosessia ja hyödynnettävyyttä julkisessa toimistorakennuksessa.

Someron kaupungintalon kiinteistöön on suoritettu selvitys energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksista. Selvityksessä suositellaan kaupungintalon kiinteistöön aurinkosähkövoimalaa. Kaupungintalon katolle on myös tehty vuonna 2020 kuntokartoitus, jonka pohjalta kaupungintalon singelikatto tulisi uusida kolmen vuoden aikana. Opinnäytetyön tarkastelun kohteeksi valikoitui aurinkosähköenergialla potentiaalinen ja katon osalta korjaustarpeessa oleva Someron kaupungintalo ja sen katolle asennettava aurinkosähköjärjestelmä. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Someron kaupunki.

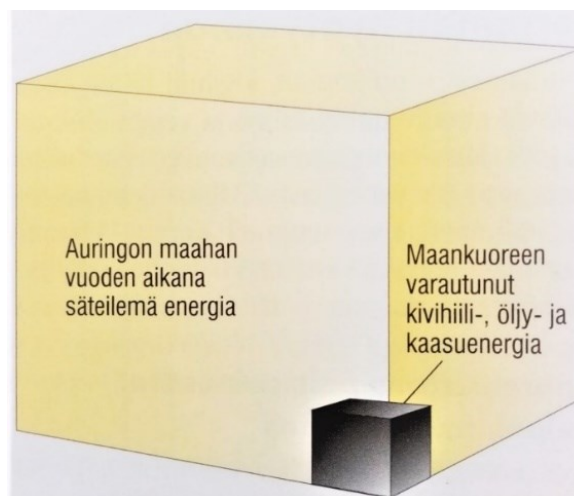
Linnanen (2015) toteaa artikkelissaan Energia kytkeytyy kaikkeen seuraavasti: ”Jokainen kulutus päätös on päätös kuluttaa energiaa. Kaikki kuluttamiseen liittyvä yhteiskunnallinen päätöksenteko on myös energiapolitiikka.” Osa Someron kaupungin energiapolitiikkaa voisi olla ostettavan sähkön kulutuksen vähentäminen ja investointi aurinkoenergiaan Someron kaupungintalossa.

2 AURINKOENERGIA

Aurinko on oikeastaan suuri ydinvoimala, joka säteilee ympärilleen valtavasti energiaa (Perälä 2017, 7). Auringosta maan pinnalle Suomessa kohdistuva kokonaissäteilyenergia vastaa vuosittain noin 2400-kertaisesti energianvalmistukseen tarvittavasta energian kokonaismäärästä. Aurinko on merkittävin energiaresurssimme. (RT 103076, 2019.) Auringonsäteilyä on suora auringonsäteily, ilmakehässä suuntaa muuttanut tai sitoutunut hajasäteily sekä heijastunut säteily. Kokonaissäteily on suoran auringonsäteilyn ja hajasäteilyn summa, mutta aurinkoenergian hyödyntämisen kannalta myös maasta heijastunut säteily voi olla merkittävä. (Tahkokorpi ym. 2016, 17.)

Erilaiset energianlähteet jaetaan uusiutuviin ja uusiutumattomiin. Aurinko on uusiutuva energianlähde, ja uusiutuvalle energialle on ominaista kiertokulku. Erilaiset fossiiliset polttoaineet ovat uusiutumattomia energialähteitä ja ne vähenevät kulutuksen myötä. Maaperän varastoissa enää rajatusti olevia fossiilisia polttoaineita on muodostunut miljoonien vuosien kuluessa aurinkoenergian tuottamista kasvien jäänteistä. Tosiasiassa alun perin auringosta ovat peräisin myös fossiiliset polttoaineet. (Käpylehto 2016, 37; Perälä 2017, 7–9.)

Fossiilisten polttoaineiden esiintymien määrä syvällä maaperässä vastaa vain noin yhtä sadasosaa auringon vuoden aikana maahan säteilemästä energiasta. Kuva 1 havainnollistaa, kuinka pieni määrä fossiilisia polttoaineita on maaperän kätköissä verrattuna auringon säteilemän energian määrään. (Perälä 2017, 7–9.)



Kuva 1. Auringon vuodessa säteilemä energiamäärä fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna (Perälä 2017, 9).

Sen lisäksi että fossiilisia polttoaineita on rajoitetusti käytettävissä ja ne hupenevat kulutuksen myötä, niiden polttaminen aiheuttaa ilmastoa lämmittäviä hiilidioksidipäästöjä (Käpylehto 2016, 37). Tällä hetkellä 80 prosenttia energiasta tuotetaan fossiilisilla polttoaineilla (Energiamailma 2021a). Hiilidioksidia tuottavien fossiilisten polttoaineiden polttamisesta tullaan pyrkimään eroon ilmastomuutoksen hidastamiseksi (Perälä 2017, 9).

Aurinkosähkörakentaminen kasvaa maailmalla, eikä rakentaminen perustu vain tukiin vaan on usein puhtaasti taloudellisesti perusteltua. Aurinkolämpö tai -sähkö saattaa jopa olla edullisempaa kuin öljylämmitys tai verkosta ostettu sähkö. Aurinkosähkön ja -lämmön hinta ero verkosta ostettuun sähköön tai öljylämmityksen on vielä pieni, mutta on mahdollista rakentamisprosessin vakioituessa tai yhdistämällä aurinkoenergia korjausrakennushankkeeseen saavuttaa kustannuksiltaan tehokkaita aurinkoenergiaratkaisuja. (Tahkokorpi ym. 2016, 191.)

Suomessa ja kansainvälisestikin aurinkoenergialiiketoiminnan kehittäminen aloitettiin 1970-luvulla. Suomessa ala kehittyi 1980-luvulla ja sitten uudelleen 2000-luvun alussa. Vasta vuonna 2009 alkanut niin sanottu kolmas aalto aloitti vakaamman kasvun. Aurinkoenergia-alan aurinkosähkö- ja aurinkolämpöala ovat sekä teknologisesti että myös liiketoiminnallisesti erilaiset. Pitkään painopiste Suomessa oli aurinkolämmössä, mutta ai- van viime vuosina on aurinkosähköala ohittanut aurinkolämpöalan. (Auvinen ym. 2016, 9.) Eniten sähköä kaikista EU-maista käyttää Suomi. Suomen kannalta on keskeistä, että sen tarvitsemaa sähköä tuotettaisiin monipuolisesti ja kustannustehokkaasti. (Energiateollisuus 2020b.) Suomessa on aurinkosähkön tuotannolle hyvä potentiaali vuositasolla. Alkuvuoden kylmät sekä kesän pitkät aurinkoiset päivät lisäävät tuotantoa. Itse asiassa kylmä paneeli tuottaa sähköä jopa paremmin kuin lämmin. (Käpylehto 2016, 116.)

On mielenkiintoista nähdä, kuinka suuri osa tulevaisuudessa esimerkiksi vuonna 2030 tai vuonna 2050 voisi maailman tai Suomen sähköstä tulla aurinkoenergiasta. Tulevaisuuden ennustaminen on mahdotonta, mutta aurinkoenergian yleistymiseen vaikuttaa varmasti positiivisesti järjestelmien hinnan kehitys ja sähkön hinnan kehitys sekä se, miten erilaiset aurinkoenergian varastointikeinot kehittyvät ja halpenevat. (Käpylehto 2016, 33.) Tuleeko Suomessa eteen se hetki, kun sähköntuotanto aurinkosähkövoimalalla on välttämätöntä tai halvempaa kuin fossiilisella polttoaineella? Entä voiko aurinkosähkö olla tuotantokustannuksiltaan edullisempaa kuin fossiilisilla polttoaineilla tuotettu sähkö? Hintakehitys aurinkosähköjärjestelmille on ollut laskeva, joten kilpailukyky energiamarkkinoilla ainakin paranee. (Tahkokorpi ym. 2016, 55–56, 191). Aurinkopaneelien huokeat

hinnat mahdollistavat jo nyt kilpailukykyisen aurinkosähkön tuotannon. Ongelmallista on sähkön kysynnän ja tarjonnan kohtaaminen sekä ajallisesti että paikallisesti. (Perälä 2017, 22.)

3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ

Aurinkosähköjärjestelmät voivat olla itsenäisiä, ei verkkoon kytkettyjä tai verkkoon liitettyjä. Sähköverkkoon liitettävän järjestelmän tuottama sähkö voidaan syöttää kiinteistön verkkoon täysin omaan käyttöön. Mikäli oma kulutus ei ole riittävää, sähkö voidaan syöttää edelleen sähköverkkoon tai varastoida akkuihin. Sähkön myynti verkkoon on mahdollistunut, joskaan nykyhintaa ei ole kovin kannattava. (Tahkokorpi ym. 2016, 142.) Sähkön myynnistä saadun huonon hinnan vuoksi auringosta tuotettu aurinkosähkö kannattaa käyttää itse. Kesäkuumalla hyviä ylimääräisen aurinkosähkön käyttökohteita ovat esimerkiksi käyttöveden lämmittäminen, käytössä olevien akkujen lataaminen, kuten sähköauton ja muiden sähkökäyttöisten koneiden lataaminen tai huonetilojen jäähdyttäminen. (Perälä 2017, 80.)

Aurinkosähköjärjestelmään kuuluvia komponentteja ovat aurinkopaneelit (koostuu kennoista), invertteri (vaihtosuuntaaja), ohjausyksikkö sekä mahdollinen sähkövarasto (akku). Aurinkosähköpaneelit asennetaan useimmiten katolle, julkisivuun tai sopivalle maa-alueelle. (RIL 2014, 42.) Muut järjestelmän sähkölaitteet sijoitetaan usein kiinteistön sisätiloihin (Tahkokorpi ym. 2016, 142). Verkkoon kytketyssä järjestelmässä pääkomponentit ovat paneelit ja vaihtosuuntaaja eli invertteri. Aurinkosähköjärjestelmän pääosien lisäksi järjestelmää palvelevia komponentteja ovat kiinnitysjärjestelmä, kaapelointi ja erotuskytkin (RT 103076, 2019).

Kuva 2 havainnollistaa verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän toimintaperiaatetta ja komponentteja. Kuvan mukaisesti verkkoon kytketyssä järjestelmässä vaadittavia komponentteja ovat paneeli, invertteri, kytkintaulu/sähkökeskus ja sähkömittari. Aurinkosähköjärjestelmä kytketään sähköverkkoon.



Kuva 2. Sähköverkkoon kytketyn aurinkojärjestelmän toimintaperiaate (Vattenfall 2020).

Akku toimii sähkövarastona verkkoon kytkemättömissä järjestelmissä. Erityisesti verkkoon kytketyissä järjestelmissä voidaan sähkövarastona käyttää esimerkiksi lämminvesivaraajaa tai lattialämmitystä. Sähkövarasto ei verkkoon kytketyissä järjestelmissä ole pakollinen. Aurinkosähkön varastointi ei vielä oikein ole kannattavaa verkkoon kytketyissä järjestelmissä, mutta akkujen hinnat laskevat. (Tahkokorpi ym. 2016, 135–136.)

3.1 Paneelit

Aurinkopaneelit koostuvat yksittäisistä sarjaan kytketyistä aurinkokennoista. Aurinkokennot muuntavat auringon tehon suoraan sähköksi. Mitä suurempi kenno, sitä enemmän säteilyä siihen kohdistuu ja paneelin teho kasvaa. Paneelien nimellisteho ilmoitetaan piikkiwatteina. Paneelit ovat yleensä 200–330 piikkiwatin nimellistehoisia paneeleita. Nimellisteholtaan noin 250 watin paneelin enimmäisvirta on 8 ampeeria, kun sen navat on oikosulkuun kytkettyinä. Piikkiwattit kertovat paneelien tehon standarditestiolosuhteissa. Piikkiwatti ei ole paneelin maksimiteho, sillä paneeli voi lämpötilasta ja säteilystä riippuen tuottaa pitkiäkin aikoja nimellistehoaan enemmän. (Tahkokorpi ym. 2016, 137–142.) Aurinkosähköjärjestelmän tehoa voi kasvattaa tehokkaammilla paneeleilla tai lisäämällä paneelien lukumäärää (Perälä 2017, 52). Yhden aurinkopaneelin teho on noin 250 piikkiwattia ja sen vaatima tila on noin 1,7 neliometriä (Tahkokorpi ym. 2016, 179). Aurinkopaneelit voidaan asentaa joko sarjaan tai rinnakkain (Perälä 2017, 52).

Auringon säteilyenergian sitä osuutta, joka voidaan muuttaa sähköksi, kutsutaan aurinkokennon hyötysuhteeksi. Tyypillisesti hyötysuhde on noin 15–17 prosenttia. (Tahkokorpi ym. 2016, 142.) Hyötysuhde voidaan määritellä jakamalla nimellisteho paneelin pinta-alalla ja standardiolosuhteiden säteilymäärällä (1 000 W/m²) (Ala-Myllymäki 2016, 19). Aurinkopaneelien tuotanto laskee paneelin ikääntyessä, mutta toimintakyky säilyy lähes ikuisesti. Paneelin ominaisuuksien lisäksi lasku riippuu myös käyttöolosuhteista. Tehon laskuna käytetään yleensä 0,2–1 prosenttia vuodessa. Kuitenkin 25 vuoden ajan valmistajat takaavat vähintään 80 % paneelien tuoton uuden paneelin tuotosta. Käyttöikä on siis noin 25 vuotta yksi- ja monikiteisillä paneeleilla. Paneelin vuosituotanto riippuu maantieteellisestä sijainnista, varjostuksista, asennuskulmasta ja asennustavasta. Suomessa vuositasolla voi arvioida tuotoksi noin 800 kilowattituntia sähköä. (Käpylehto 2016, 96; Perälä 2017, 47.)

Aurinkosähköjärjestelmän paneelit ovat kestäviä ja toimivat kymmeniä vuosia. Huoltoakaan ne eivät juurikaan kaipaa. Paneelin sähköä tuottavat kennot ovat suojassa lasin

alla ja pohjalevy sekä reunalistat estävät kosteuden ja lian pääsyn kennoihin. Lasi on karkaistua ja kestää koviakin rasituksia. Lika ja roskat vähentävät kennojen saamaa säteilyä ja näin sähköntuotantoa. Roskat olisi hyvä poistaa ja paneelit voi pestä vesisuihkulla. Onneksi sadekin huuhtelee paneeleita eikä vähäinen lika vähennä kohtuuttomasti tuotantoa. Lumi vähentää sähköntuotantoa huomattavasti. Talvellakin paneelit voivat kuitenkin tuottaa pienen määrän sähköä. Paneelin puhdistus edesauttaa tuotantoa, mutta välttämätöntä se ei ole. Sillä paksunkin lumikerroksen läpi paneeliin saakka pääsee pieni määrä säteilyä. (Perälä 2017, 94.) Tuotantoa tulisi seurata, sillä muutokset voivat kertoa esimerkiksi kaapelivauriosta, paneelin rikkoutumisesta, roskien kerääntymisestä paneeliston päälle tai ylimääräisestä varjosta paneeliston päällä. (Käpylehto 2016, 170.)

Aurinkopaneeleissa valmistusteknologioita ja -materiaaleja on lukuisia. Piipohjainen teknologia perustuu kiteiseen piihin. Alajärjestelmiä on yksikiteinen ja monikiteinen pii. Piipohjainen paneeli on markkinoilla käytetyin. Paneeli on itsessään hauras ja vaatii ympärilleen suojaavan rakenteen esimerkiksi alumiinikehysten. Ohutkalvotekniikka on yksi paneelien valmistusmuoto ja sisältää myös lukuisia alatyyppejä. Ohutkalvotekniikalla voidaan valmistaa lasipaneelien lisäksi joustaviakin paneeleita. Uusinta teknologiaa edustavat orgaaniset ja väriainepohjaiset aurinkokennot. Kyseisiä paneeleita voidaan valmistaa muun muassa painamalla tai tulostamalla. (RT 103076, 2019.) Vaihtoehtoja on runsaasti ja tälläkin hetkellä tutkitaan sähköä tuottavien aurinkokennojen uusia materiaaleja. Jos esimerkiksi aurinkokennoja voitaisiin valmistaa synteettisistä orgaanisista molekyyleistä, raaka-aineita riittäisi, mutta piirakenteisiin kennoihin verrattuna orgaanisten aurinkokennojen ongelma olisi heikohko hyötysuhde. (Energiamailma 2021b.)

3.2 Invertteri

Aurinkopaneelit muuttavat auringon säteilyenergian tasasähköksi. Paneelit tuottavat yleensä noin 30...40 V tasajännitettä. Tasasähkön muutetaan invertterillä vaihtosähköksi, joka vastaa kiinteistön sähköverkon sekä jakeluverkon vaatimuksia. Aurinkoenergiasta tuotettua vaihtosähkö voidaan sitten hyödyntää kiinteistön sähkölaitteissa ja myydä yli jäävä sähkö sähköverkon kautta. (RT 103076, 2019.) Invertterin kautta aurinkopaneelit myös kytketään kiinteistön sähköjärjestelmään (sähköpääkeskus) ja sähköverkkoon. Sähköverkkoon kytkettynäkään ei aurinkosähkö turvaa kuitenkaan sähkön saantia verkon sähkökatkojen aikana. (Tahkokorpi ym. 2016, 144.)

Sähköverkkoon liitettävien invertterien tulee täyttää vallitsevat turvallisuusstandardit (Tahkokorpi ym. 2016, 142). Invertterin tehtävä on verkkoon synkronoinnin lisäksi myös huolehtia suojauksista. Invertteri asennetaan sähköpääkeskukseen tai alakeskukseen ja liitetään kiinteistön sähkön syöttöpuolelle sulakkeen kautta. Sähköpääkeskuksen sulake voidaan mitoittaa nimellistehon avulla, käytännössä laitetaan kuitenkin noin kaksikertainen sulake. Esimerkiksi 3 000 watin 1–vaihejärjestelmässä verkkoinvertteri tarvitsee yhden vähintään 16 A:n sulakkeen. Yleensä kuitenkin käytetään 20–25 ampeerin sulaketta. Vaikka laskelman mukaan $3000 \text{ W} / 230 \text{ V} = 13$ ampeerin sulake riittäisi. 3–vaihejärjestelmässä jakaantuu teho tasaisesti eri vaiheille. $5000 \text{ W} / 230 \text{ V} / 3 = 7,2$ ampeeria mukaan watin nimellistehoinen invertteri tarvitsisi 3 kpl 10 ampeerin sulakepaikkoja, mutta käytännössä käytetään 16 A:n sulakkeita. (Käpylehto 2016, 144.)

Aurinkosähköjärjestelmän ja sähköverkon välillä tulee olla myös turvakytkin vaihtovirtapuolella, jolle verkonhaltijalla on vapaa pääsy. Turvakytkin vaaditaan sähköturvallisuusmääräysten vuoksi. Kytkimen tehtävä on erottaa verkkoinvertteri sähköverkosta. Kytkin tulee asentaa esteettömään tilaan. Myös invertterin tekninen käyttöikä huomioiden olisi sekin hyvä asentaa sisätiloihin esimerkiksi tekniseen tilaan. (Käpylehto 2016, 140–141, 145, 148.) Verkkoinvertteri tulee yleensä vaihtaa jossain vaiheessa, sillä paneeliston tekninen käyttöikä on pidempi kuin verkkoinvertterin.

Inverttereissa on eritasoisia kulutuksen ohjaustoimintoja. Lisäksi on mahdollista käyttää erillisiä kulutuksen optimointiin tarkoitettuja tuotteita, joiden tarkoituksena on nimenomaan ohjata kulutusta sähkön hinnan ja/tai aurinkosähkön saatavuuden perusteella. (Tahkokorpi ym. 2016, 163.) Verkkoinvertterit voidaan jakaa liitettävyyden, sijaintipaikan ja hallittavuuden mukaan 1-vaiheisiin ja 3-vaiheisiin verkkoinverttereihin (RT 103076, 2019). Yksivaiheinen invertteri kytketään verkon yhteen vaiheeseen, mikä tarkoittaa sitä, että tuotettua aurinkosähköä voivat hyödyntää vain kyseiseen vaiheeseen kytketyt sähkölaitteet (Tahkokorpi ym. 2016, 144). Yksivaiheinvertteri sopii hyvin pienen kulutuksen kiinteistöissä kuormanohjausautomaattiksi, jolloin tuotto saadaan tehokkaasti omaan käyttöön (RT 103076, 2019.) Kolmivaiheinen invertteri palvelee kaikkia verkon kolmea vaihetta. Kolmivaiheisella invertterillä voidaan sähköä syöttää kaikkiin kohteeseen sähkölaitteisiin. Tuotetun sähkön käyttö voidaan optimoida niin, että kaikissa kolmessa vaiheessa on laitteita päällä silloin, kun aurinkosähköjärjestelmä sähköä tuottaa. (Tahkokorpi ym. 2016, 145–147.) Kolmivaiheista verkkoinvertteriä käytettäessä tulisi kuormitus jakaa tasaisesti kaikille kolmelle vaiheelle. Silloin on mahdollista käyttää suurin osa aurinkosähköstä itse ja verkkoon syötettävän energian määrä voidaan minimoida. (Perälä 2017,

80.) Eikä vaadita rakennuksen sähkökytkentöjen suurempia muutoksia (RT 103076, 2019).

Järjestelmään voidaan myös liittää useita mikroinverttereitä, jotka liitetään paneelikoh-
taisesti. Useista inverttereistä koostuvan järjestelmän tarkoitus on tuottaa tehokkaammin
sähköä, vaikka osa paneeleista olisi varjossa. Mutta se on yleensä investointikustannuk-
siltaan kalliimpi kuin yhden suurempitehoisen invertterin järjestelmä. Lisäksi huoltovar-
muus heikkenee komponenttien lisääntyessä. Invertterin käyttöikä todennäköisesti on yli
20 vuotta. Aurinkosähköjärjestelmän eliniän aikana invertteri tulee siis todennäköisesti
uusia kerran, johon kustannuslaskelmissa on hyvä varautua. Akkuverkkoon kytketyn in-
vertterin elinikä on runsaassa käytössä todennäköisesti selvästi lyhyempi. (Tahkokorpi
ym. 2016, 142–144, 147.)

3.3 Akku

Järjestelmään liitetään akku, jos aurinkosähköjärjestelmän tuottamaa sähköä halutaan
varastoida, muuten tasapainottaa tai siirtää tuoton ja kulutuksen välistä epäsuhtaa (Ala-
Myllymäki 2016, 66). Verkkoon kytkettyihin järjestelmiin voidaan siis liittää myös akku,
jolloin mahdollistettaisiin ylijäämäenergian käyttö illalla tai yöllä. Verkkoon kytkemättö-
missä itsenäisissä saarekejärjestelmissä aurinkopaneelien tuottama sähkö varastoidaan
ennen käyttöä akkuihin, kun sähkön kulutus ja tuotanto eivät osu saman hetkeen.
Akusta voidaan virtaa ottaa suoraan tasavirtalaitteisiin. Akut ovat hyödyllisiä alueilla,
joissa järjestelmää ei voida liittää sähköverkkoon. Jos tasavirta halutaan muuttaa vaih-
tovirraksi, kytketään invertteri. Omavaraisissa järjestelmissä on ainakin yksi akun latauk-
sen ja purkamisen säädön ohjausyksikkö sekä mittarointi. (Tahkokorpi ym. 2016, 147–
151.)

Akkujen tehokas käyttö rajoittuu vain lähinnä tunti- ja päivätasaisen aurinkoenergian va-
rastointiin. Pidempään kesästä talveen ulottuvaan kausivarastointiin ei vielä nykytek-
niikka tarjoa mahdollisuutta. Tällöin on käytettävä esimerkiksi varavoimageneraattoria.
Akuston valinnassa tulisi kiinnittää huomioita hyvään hyötysuhteeseen, alhaiseen itse-
purkaukseen, hankintahintaan, odotettuun elinikään ja huollontarpeeseen. (Tahkokorpi
ym. 2016, 154–155.)

Erilaiset akkutyytit kestävät eri tavalla esimerkiksi lataus- ja purkaukset, purkauksien
syvyyttä, latauksen nopeutta, toimivat eri tavalla eri lämpötiloissa ja voivat olla

huoltovapaita tai voidaan asentaa mihin tahansa asentoon. Akkujen elinikä varastoivana riippuu paljon akkutyypistä, käyttötavasta ja ympäristöstä. Kohteeseen sopivan akkutyypin valinta ja sen kapasiteetti vaikuttavat sähkövarastoinnin ja siten koko järjestelmän hintaan, kuten myös akulla varustetulla järjestelmällä tuotetun sähkön hintaan. (Ala-Myllymäki 2016, 66.) Akut ovat pääosin lyijyakkuja, mutta litiumakut ovat tulossa myös aurinkosähkömarkkinoille. Myös nikkeli-kadmium-paikallisakkuja on saatavana aurinkosähköjärjestelmiin ja uutta akkuteknologiaa kehitetään jatkuvasti. (Tahkokorpi ym. 2016, 154–155.)

Akustoon energian varastoiminen vuoden 2014 hintatasolla nostaa tuotetun energian hintaa noin 0,15–0,7 euroa/kilowattitunti. Merkittävä osuus tulee akuston kustannuksista, jotka joudutaan ajoittain vaihtamaan. (Tahkokorpi ym. 2016, 153.) Akut tulee uusia useita kertoja aurinkosähköjärjestelmän käyttöiän aikana. Litiumpohjaisten akkujen käyttöikä on noin 10...20 vuotta ja lyijyakkujen osalta päästään alla puoleen tästä. Akkujen kustannukset muodostavat suuren osan aurinkosähköjärjestelmän kokonaisinvestoinnista, eikä niiden lisääminen järjestelmään ole välttämättä taloudellisesti lainkaan kannattavaa. (RT 103076, 2019.) Tämänhetkinen tilanne on se, että akkuun talletettu sähkö on kalliimpaa kuin sähköyhtiöltä ostettu sähkö. Aurinkosähkö olisikin hyvä kuluttaa heti tuoreeltaan, varastoimatta sitä akkuun. Sähkön kierrättäminen akun kautta, hukkaa sekä virtaa että jännitettä ja akulle kertyy sen käyttöiän kuluttavia syklejä. Akusta varausten purkautuessa saa aina vähemmän virtaa kuin siihen latautuessa on kuormattu. Käyttämätön akku myös purkautuu itsellään, jos sitä ei käytetä. (Perälä 2017, 65–66.)

3.4 Asennus

Suomessa hyvin usein aurinkopaneelit asennetaan katoille. Valmiit aurinkopaneeli paketit asennetaan usein samaan ilmansuuntaan ja kallistuskulmaan katon lappeen kanssa. Asennus maahan telineisiin soveltuu lähinnä suuremmille aurinkovoimalajärjestelmille, joka voidaan aidata ja jota voidaan vartioda. Asennusteline maa-asennuksena on yleensä massiivisempi ja kalliimpi kuin kattoasennuksessa. (Tahkokorpi ym. 2016, 179–180.) Aurinkopaneelit voivat toimia myös osana vesikattojärjestelmää, olla osa julkisivua, toimia näkösuojina parvekekaiteissa, toimia varjostavina valokatteina tai autokatoksissa näkösuojina ja katteina mahdollistaen samalla sähköautojen lataamisen. (RT 103076, 2019.) Jos aurinkopaneelit integroidaan rakennuksen kattorakenteisiin tai seiniin, ne voidaan suunnitella visuaalisesti sopiviksi ja näin korvata muita

julkisivumateriaaleja. Edullisimmillaan rakennukseen integroidut asennukset ovat silloin, kun käytetään kaupallisesti saatavilla olevia vakioratkaisuja, jotka korvaavat rakennukseen tulevia rakenteita. (Tahkokorpi ym. 2016, 179) Aurinkopaneeleissa on tarjolla myös katemateriaaliin integroituja malleja.

Ennen aurinkopaneelijärjestelmän hankintaa ja asennusta tulee analysoida rakennuksen katemateriaali ja sen kunto. Katemateriaali olisi hyvä tarpeen mukaan vaihtaa tai ainakin korjata, jos katon kunto sitä vaatii. Sillä paneelit eivät itsessään toimi katemateriaalina eivätkä varmista katon tiiveyttä. (Perälä 2017, 91.)

Paneeliston sijoittelu katolle tulee suunnitella hyvin. Paneelisto voidaan asentaa pysty- tai vaakasuuntaan. Harjakattoasennuksissa paneelit yleensä asennetaan pystysuuntaa, vaikka tällöin suuntaus ei tuoton kannalta ole välttämättä optimaalisin. (Käpylehto 2016, 160–161.) Kaltevilla katoilla paneelit kannattaa asentaa lähtökohtaisesti lapsesuuntaisesti. Tasakatolle paneelit asennetaan yleensä vaakasuuntaan. Tasakattoasennus on kattoasennuksista vaativin. Siinä tulee huomioida katon kantavuuden lisäksi järjestelmän tuulikuormat ja katteen vaurioiden välttäminen. Yleisimmät tasakattojen asennustavat ovat seuraavat:

- kelluva asennus painolasteilla
- aerodynaaminen kelluva asennus kohdistetuilla pienillä painolasteilla
- aerodynaaminen kelluva asennus yhdistettynä järjestelmän kiinnitykseen esimerkiksi liimaamalla
- kattopollareilla kiinteä asennus.

Tasakatoilla voi paneelit kallistaa telineillä etelään. Kaltevat paneelit keräävät paremmin auringon säteilyä. Ja sade puhdistaa paneeleita paremmin niissä olevista roskista. (Perälä 2017, 91.) Kaikissa asennus tapauksissa on syytä huomioida huolto, sekä lujuuslaskelmilla soveltuvat kuormat ja kiinnitysratkaisut, joita esimerkiksi katon takuu-aika huomioiden voidaan käyttää (RT 103076, 2019).



Aurinkopaneelijärjestelmät asennetaan lähtökohtaisesti niin, että reikiä ei kattoon tarvitse tehdä, poikkeuksena jotkut kuvioidut peltikatot ja huopakatot (Käpylehto 2016, 160). Jos reikiä joudutaan tekemään asennusvaiheessa, läpiviennit on tiivistettävä huolella (Tahkokorpi ym. 2016, 180). Tasahuopakatolle asennus voidaan tehdä ilman reikiä käyttäen massoihin perustuvaa asennusjärjestelmää. Kattokiinnikkeet yleensä asennetaan noin metrin välein. (Käpylehto 2016, 160–161.)

Ennen aurinkopaalien asennusta on tärkeää selvittää, löytyykö kohteesta riittävästi varjotonta tilaa paneelien asentamista varten. Paneelien sijoittelussa on tärkeää minimoida varjostukset. Varjostumia aiheuttavat muun muassa puut, esteet sekä korkeat rakennukset ja rakennukset muutenkin. (Tahkokorpi ym. 2016, 181.) Paneelit voidaan asentaa kiinteästi tai aurinkoa seuraaviksi.

Aurinkosähköjärjestelmän asennuksessa tulee myös huomioida kuntien ja kaupunkien rakennusmääräykset. Aurinkosähkön luvanvarainen asentaminen on paikkakuntakohtaista, toisissa kaupungeissa vaaditaan rakennusvalvonnan lupa järjestelmän asentamiseen ja toisissa ei. (Auvinen ym. 2016, 22–26.) Verkkoon kytketyn järjestelmän osalta on syytä noudattaa myös suomalaisia sähköstandardeja: SFS 6000:2012 Pienjännitesähköasennukset ja SFS-EN 62446 Sähköverkkoon kytketyt valosähköiset järjestelmät (Tahkokorpi ym. 2016, 178). Verkkoon liitettävä korkeintaan 30 kilowattiampeerin tuotantolaitteita säätelee SFS-EN 50438 -standardi. Ennen verkkoon kytkemistä tulee saada lupa paikalliselta sähköverkkoyhtiöltä. Aurinkojärjestelmätoimittajaa kannattaa pyytää selvittämään ja hoitamaan prosessiin liittyvät luvat, kuten mahdollinen rakennus/toimenpidelupa ja verkkoon liittämisluvan hakeminen. On järkevää tehdä laitteista hankintaa avaimet käteen periaatteella ja varmistaa, että sopimuskumppani hoitaa asian sähköverkkoyhtiön kanssa. (Käpylehto ym. 2016, 125–129.)

Turvallisuuskysymykset tulisi myös ottaa huomioon paneelien asennuksessa (Tahkokorpi 2016, 180). On syytä selvittää muun muassa laitteiden ja kaapelien vaikutus palo-osastointiin. Huomioon tulee ottaa myös pelastustoimen pääsy ullakolle. (RT 103076, 2019.) Muina turvallisuuskysymyksinä tulee huomioida lumen kinostuvuus ja lumikuorma sekä tuulikuorma. Tuuli- ja lumikuormat huomioiden rakenteet on suunniteltava ja toteutettava huolella ja kattojen kantavuus tulee tarkoin huomioida, erityisesti tasakattoasennuksissa. (Tahkokorpi ym. 2016, 180.) Paneelit ja telineet tarvitsevat painavat noin 10...15 kg/m². Tasakatolle asennettavassa kelluvassa asennuksessa myös betonipainojen paino vaikuttaa kuormaan. Katolle paneeleita asennettaessa tulee huomioida kulutilla kattosillalle sekä riittävä tila lumitöille noin 1,5 metriä paneelien ja räystäään väliin. (RT 103076, 2019.)

Paneelien ja katon väliin tulee jättää ilmarako. Paneelien alta puhaltava tuuli jäädyttää paneeleita. Paneelit tuottavat enemmän virtaa viileinä. (Perälä 2017, 91.) Kuten kuvassa 3 on esitetty asennustapa ja sitä kautta lämpötila vaikuttavat saavutettuun tuotantoon. Maa-asennus tuottaa parhaiten, koska tällöin ilma pääsee kiertämään vapaasti.

	Asennustapa	Paneeliston lämpötila	Tuotanto
	Maa-asennus, ilma kiertää vapaasti	+ 35 °C	****
	Kattoasennus, paneeliston ja katon välissä tuuletustila	+45 °C	***
	Kattoon integroitu asennus, niukka tuuletustila	+65 °C	•
	Julkisivuasennus, niukka tuuletustila	+ 55 °C	**

Kuva 3. Asennustavan ja lämpötilan vaikutus aurinkosähköjärjestelmän tuotantoon (RT 103076, 2019).

3.5 Suuntaus ja kallistuskulma

Aurinkosähköjärjestelmän paneelien suuntaus vaikuttaa tulevan energian määrään säteilyn voimakkuuden lisäksi. Aurinkoenergia järjestelmä suunnataan yleensä etelään. Mikäli kuormitushuippu on aamulla, järjestelmä kannattaa suunnata idän suunnalle. Lännen suunnalle järjestelmä kannattaa suunnata, jos huippukuormitus on illalla. Ympäri- vuotisen tuotan kannalta suuntauksen kulma voi vaihdella ± 45 astetta etelästä. Suomessa paneelit on suositeltu asennettavaksi kohti etelää 40 asteen kulmassa. Laitteen poikkeama etelästä on atsimuuttikulma. Atsimuuttikulma määritetään siten, että paneelin suuntaus etelään on 0° , lähteen $+90^\circ$ ja itään 90° . (Tahkokorpi ym. 2016, 17–18.)

Kallistuskulma on vaakatason ja paneelintason välinen kulma. Suomessa kesimääräinen optimikallistus on hyvin lähellä 45° astetta (Tahkokorpi 2016, 18). Optimikulmalla tarkoitetaan sitä kulmaa, jolla saadaan suurin tuotanto koko vuoden ajalta yhteenlasketuna. Tuotanto kesäaikaan on hieman suurempi pienemmällä kallistuskulmalla ja vastaavasti hieman suurempi talviaikaan suuremmalla kallistuskulmalla. (Käpylehto 2016, 120.) Aurinkopaneeliin sisään tulevan säteilyn ja paneelin välistä kulmaa kutsutaan

tulokulmaksi. Tulokulma on nolla astetta, kun säteily on kohtisuoraan laitteen pintaan. Kiinteällä pinnalla tulokulma on nolla astetta tarkalleen vain kaksi tai kerran vuodessa. (Tahkokorpi 2016, 17–19.)

Järjestelmän toiminnan kannalta matalammassa asennuskulmassa on etuna muun muassa se, että paneelit sulautuvat hyvin ympäristöön, paneelit hyödyntävät tehokkaasti hajavaloa, tuulikuorma on matala ja lunta kinostava vaikutus on pieni. Tämän lisäksi matalamman kulman etuna on se, että ympäristön varjostava vaikutus jää usein pienemmäksi. Matalamman kulman asennuksen ansiosta järjestelmän asennus on edullista, joka taas vaikuttaa matalampaan kokonaiskustannukseen. Jonka ansiosta tuotetun sähkön hinta on usein matalampi kuin optimikulmalla. Kallistuskulmaa on mahdollista optimoida, jos sitä voidaan säätää eri vuoden aikoina. Jotta laite antaisi Suomessa talvella optimaalisen tehon tulisi kallistuskulman olla lähes pystysuorassa ja jos tuotto halutaan kesällä optimoida, tulee kulman olla pienempi kuin leveysaste. (Tahkokorpi ym. 2016, 17–19, 180–182.)

Aurinkoenergia laitteet asennetaan usein kiinteäkulmaisina, mutta on olemassa myös seurantalaitteita, joilla tulokulmaa voidaan muuntaa ja kerätä enemmän säteilyä. Seurantalaitteita on muun muassa kahden akselin seuranta, atsimuuttiseuranta ja yhden akselin seuranta. Kahden akselin aurinkoa seuraavalla järjestelmällä paneeli voidaan suunnata aina aurinkoa kohti. Yhden kääntymisakselin avulla auringon korkeutta tai ilmansuuntaa voidaan seurata. Suomessa hajasäteilyn määrä on suuri ja kahden akselin järjestelmällä voidaan saavuttaa vain noin 35 prosentin lisäys vuosituottoon. Edullisempaa on paneelien määrän kasvattaminen tuoton lisäämiksi. Tämän lisäksi laite vaatii toimiakseen enemmän energiaa ja huoltoa. (Tahkokorpi ym. 2016, 17–19, 180–182.) Seurantajärjestelmän asentaminen lisää siis järjestelmään liikkuvia osia, joilla pilataan yksi aurinkoenergiajärjestelmän parhaita ominaisuuksia: siinä ei ole liikkuvia helposti rikkoutuvia osia. Kulman muuttaminen kesäasentoon tai talviasentoon on siis harvinaista. (Käpylehto 2016, 120.) Kiinteä asennus on luotettava ja taloudellinen, vaikka se ei pystykään hyödyntämään kaikkea laitteelle tulevaa säteilyä (Tahkokorpi ym. 2016, 18).

3.6 Auringon säteilyenergia

Aurinkoenergialaitteen eli paneelien kallistuskulma ja suuntaus sekä sijainti ja varjostukset vaikuttavat energiantuotantoon merkittävästi. Sääolosuhteet vaikuttavat säteilyn hetkelliseen määrään. Optimaalisessa tapauksessa koko laitteen pitäisi saada tasaisesti

säteilyä ilman varjostuksia. Etelä-Suomessa on mitattu optimiasennossa olevalle keräin-neliömetrille vuositasolla jopa 1 100 kilowattituntia auringonsäteilyä neliometriä kohden, kun optimaalinen säteilyn määrä on vuositasolla 900...1 100 kWh/m². Vaakatasolla lu-kevat on mitattu hieman pienemmiksi. (Tahkokorpi ym. 2016, 14–17, RT 103076, 2019.)

Taulukossa 1 on esitetty eri Euroopan kaupungeissa aurinkoenergian vuosittainen saan-timahdollisuus vaakatasossa. Suomessa on mitattu Jokioisilla noin 25 km Somerolta au-rinkoenergian vuosittaiseksi saanti mahdollisuudeksi vaakatasolla 887 kilowattituntia ne-liometriä kohden. (Tahkokorpi ym. 2016, 14–17.) Lukema on samaa luokkaa Keski-Eu-roopan lukujen kanssa ja Saksan Hampurin 938 kilowattituntia neliometriä kohden; Saksa on hyvinkin edistyksellinen maa aurinkoenergian hyödyntämisessä. Taulukon pe-rusteella voidaan todeta, että esimerkiksi, maantieteellisesti hyvin lähellä Someroa, Jo-kioisilla eteläisessä Suomessa, saadaan keskimäärin saman verran aurinkoenergiaa kuin Keski-Euroopassa ja muun muassa Saksan Hampurissa.

Taulukko 1. Vaakatasolla mitattuna aurinkoenergian saantimahdollisuus esimerkki koh-teissa (Tahkokorpi ym. 2016, 15).

Sijainti	kWh/h²A
Helsinki, Suomi	938
Jokioinen, Suomi	887
Sodankylä, Suomi	807
Tukholma, Ruotsi	993
Kööpenhamina, Tanska	976
Hampuri, Saksa	938
Pietari, Venäjä	908
Rooma, Italia	1435

4 INVESTOINTI AURINKOSÄHKÖENERGIAAN

Uusiutuvan energian käyttöä pyritään lisäämään energia- ja ilmastostrategian sekä hallitusohjelman tavoitteiden mukaisesti. Tavoitteena on, että loppukulutuksesta uusiutuvan energian käytön osuus olisi yli 50 prosenttia 2020-luvulla. Loppukulutuksella tarkoitetaan sähkön ja lämmön sekä rakennusten lämmityksen polttoaineiden, liikennepolttoaineiden ja teollisuuden prosessipolttoaineiden kulutusta. Kivihiilen käyttö sähkön- tai lämmöntuotannon polttoaineena tullaan joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta kieltämään 1.5.2029 alkaen. (Motiva 2021a.) Loppukulutuksesta sähkön osuuden oletetaan nousevan vuoteen 2050 mennessä nykyisestä noin neljänneksestä puoleen. Sähkön käytön oletetaan lisääntyvän liikenteessä, teollisuudessa ja lämmityksessä. (Energiateollisuus 2021a.)

Kiinnostus aurinkosähköjärjestelmiin ja aurinkosähkön tuottamiseen kasvaa sitä myötä, kun järjestelmien hinnat jatkavat laskuaan (Yle 2020). Sähkölaskun kokonaishintaan nousevasti vaikuttaneet verot ja siirtomaksut ovat nopeuttaneet Suomessa yritysten ja kuluttajien oman aurinkosähköjärjestelmän hankkimista. Toisaalta aurinkosähköjärjestelmän taloudellista kannattavuutta Suomessa heikentää suhteellisen edullinen sähkön hinta verrattuna muihin maihin. Valtion myöntämät energiatuet ovat taas nopeuttaneet aurinkosähköjärjestelmien investointihalukkuutta ja taloudellista kannattavuutta. (Ala-Myllymäki 2016, 93–94.)

Taloudellisen kannattavuuden edellytys on aurinkosähköjärjestelmästä saatavan oman tuotannon mitoitus omaan kulutukseen soveltuvaksi. Kannattavuuslaskelmat ovat osoittaneet, että järjestelmä on asennettava suoraan kulutuskohteeseen ja mitoitettava niin että mahdollisimman pitkälle aurinkoenergia hyödynnetään itse kulutuskohteessa. (Finsolar 2020.) On hyvä huomioida, että aurinkosähköön investoimalla tuotetaan uusiutuvaa energiaa ja huolimatta järjestelmän oikeasta mitoituksesta, pystytään itse tuotetulla aurinkosähköllä joka tapauksessa pienentämään sähkölaskua (Yle 2021).

Kannattavampia aurinkosähköjärjestelmät ovat kiinteistöissä, joissa kesäaikana kuluu runsaasti sähköä, kuten viilentävään ilmastointiin. Teollisuus- ja toimistorakennuksiin aurinkopaneelit sopivat hyvin. Paneelit tuottavat sähköä päivällä työaikana, silloin kun sitä kuluukin (Perälä 2017, 9). Huomioida tulisi myös muita käyttäjien mahdollisia investointeja aurinkosähköjärjestelmiin, mikäli siis tuotettu sähkö pystytään kuluttamaan itse, kuten esimerkiksi aurinkosähköllä toimivassa sähköautojen latauspisteessä. (Finsolar

2020). Mikäli kuitenkin sähköä tuotetaan yli oman käytön, sähkömarkkinalain mukaan aurinkosähköjärjestelmästä tuotetun ylimääräisen sähkön voi myydä sähköverkkoon (Finsolar 2020).

Ostettavan sähkön tarpeen ja tuotetun sähkön kohtaamisen optimointi on vaikeaa. Tosi- asia on se, että vaikka tuntitasolla seurattaessa sähkön kulutus ja tuotanto kohtaavat laskelmissa, voi todellisuus vaihdella esimerkiksi 15 minuutin jaksolla tarkasteltaessa. Optimointi on erityisen hankalaa vielä, jos kulutus vaihtelee tunnin tai 15 minuutin sisällä paljon. Esimerkiksi kompressori ei kuluta aina sähköä tasaisesti jäädyttäessään, vaan se voi esimerkiksi pitää taukoa. Toisella hetkellä aurinkosähkö loppuu kesken ja toisella hetkellä aurinkosähköt voivat jäädä liki hyödyntämättä ja verkkoon myydyn sähkön osuus kasvaa. (Yle 2021.)

4.1 Sähkö verkosta ja aurinkosähkö

Sähkön kokonaishinta vuonna 2018 nousi Suomessa keksimäärin 10 %, kun sen nousu oli aikaisemmin ollut vuodessa noin 3,9 %. Ilmastonmuutos vaikuttaa sähkönhinnan muutoksiin ja ääri-ilmiöiden on ennustettu yleistyvän, jolloin sähkön hintakin tulee mahdollisesti muuttumaan. Toki hinnan kehitystä on mahdotonta varmaksi ennustaa. (Sonsofsolar 2019.)

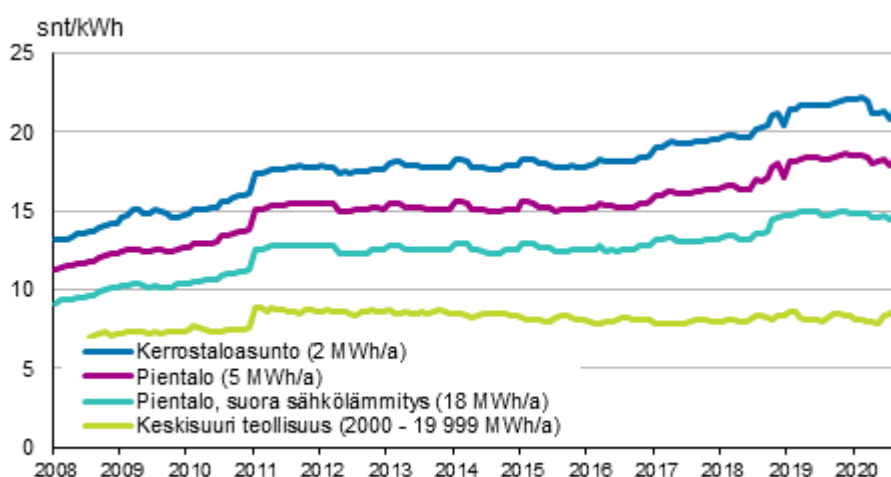
Sähkön käyttäjä maksaa käyttämästään sähköstä, varsinaisen sähköenergian ja erikseen myös sähkönsiirrosta. Sähköenergian osuus sähkön kokonaishinnasta on käytännössä hieman alle puolet. Sähköenergielaskussa on lisäksi kiinteä kuukausimaksu. Sähköenergian ja kuukausimaksun hinta määräytyy sähköyhtiön hinnoittelun mukaan ja tämä osuus on käyttäjän itse valittavissa. Sähkön siirtohinnan laskuttaa paikallinen verkkoyhtiö ja sen valintaan käyttäjä ei voi vaikuttaa, vaan se määräytyy maantieteellisen sijainnin mukaan verkkoyhtiöalueittain. Sähkön siirtohinnat vaihtelevat eri verkkoyhtiöiden alueilla. Sähkölaskuihin kuuluu myös arvonlisävero ja lisäksi siirtolaskuun sähkövero. (Käpylehto 2016, 125–129.) Sähkön kokonaishinta yritys-yhteisöasiakkaille on noin 8–12 senttiä/kWh ja yksityisille noin 13–16 senttiä/kWh, hintaan on jyvitetty sähkö- ja sähkönsiirtolaskujen perusmaksut. (Finsolar 2020.)

Aurinkosähkön tuotannon kustannukset muodostuvat pääasiallisesti energian keruu- ja varastointijärjestelmän investointikustannuksista. Käytännössä siis alkuinvestoinnin eli aurinkosähkövoimalan hankinnan ja järjestelmän valmistumisen jälkeen voimala tuottaa

lähes ilmaista sähköä auringosta. Varsinaisia muuttuvia kustannuksia ei aurinkosähköjärjestelmässä ole. (Tahkokorpi ym. 2016, 187–188.) Aurinkosähkön tuotannon kustannus on alle verkosta ostettavan sähkön hinnan, kohtuullisen kokoisilla järjestelmillä. Omakustannushinta alenee, voimalan koko kasvaessa lähemmäs 10 kW. Vuonna 2014 aurinkosähkön omakustannushinta Suomessa oli noin 0,06–0,10 euroa/kWh. (Tahkokorpi ym. 2016, 135, 163.) Kun aurinkosähkön oma tuotanto on vähintään yhtä edullista kuin ostettu sähkö on saavutettu verkkopariteetti (Ala-Myllymäki 2016, 94).

Verkosta ostettavaan sähkön hintaan aurinkosähköä verrattaessa on hyvä huomioida, että aurinkosähköllä välttyy maksamasta verkosta ostettavan ostosähkön sähköenergiasta, sähkön siirrosta ja veroista (Yle 2021). Vaikka toki tulee myös ottaa huomioon, että aurinkosähkön omalla tuotannolla ei sähköliittymään kuuluvia perusmaksuja voida säästää. Näin ollen sähkön kokonaishintoja ei voi suoraan vertailla aurinkosähkön kannattavuuslaskelmissa. (Finsolar 2020.)

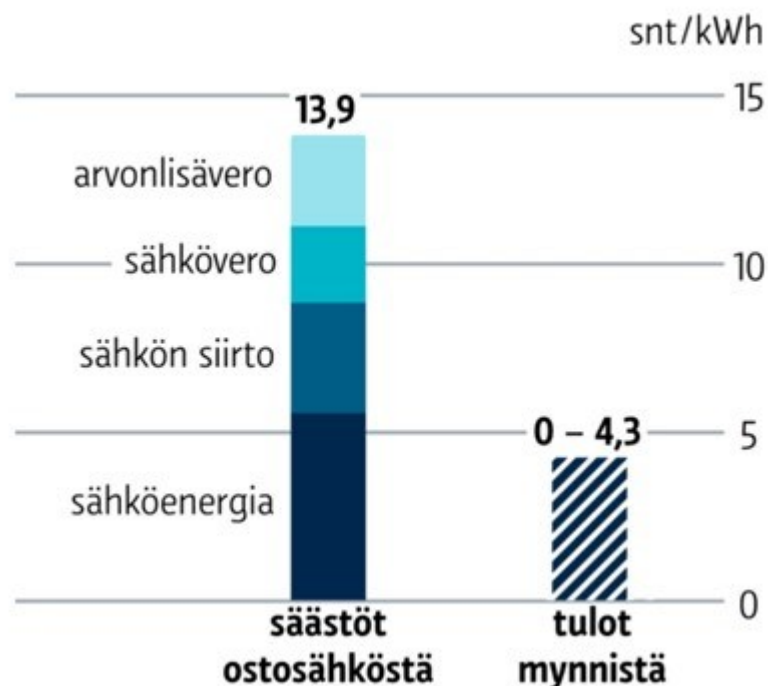
Kokonaissähkön hinnan nousua kuluttajatyypeittäin voidaan tarkastella Tilastokeskuksen (2020a) julkaisemasta kuvasta 4. Kuvassa esitetyt hinnat sisältävät sähköenergian, siirtomaksut ja verot. Hinnat vaihtelevat sähköyhtiöiden sopimustyyppien välillä. Kuvasta voidaan havaita, että sähkön hinta on noussut viimevuosien aikana selvästi. Selkeimmin sähkön hinnan nousu vuodesta 2008 on havaittavissa pientalojen ja kerrostaloasuntojen kohdalla. Kun taas keskisuuren teollisuuden osalta hinnan kehitys on ollut maltillisempaa vuoteen 2020.



Kuva 4. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin (Tilastokeskus 2020b).

Aurinkosähkön myynnistä verkkoon saa huomattavasti vähemmän korvausta kuin mitä sähkö ostettaessa maksaa (Yle 2021). Yleensä sähköyhtiöt hyvittävät verkkoon syötetystä sähköstä pohjoismaisen sähköpörssin Nord pool spot mukaisen keskimääräisen hinnan noin 2–6 senttiä/kWh vähentäen siitä usein tietyn marginaalin esimerkiksi 0,3 senttiä/kWh tai palvelumaksun. (Finsolar 2020, Käpylehto 2016, 130.) Muutamilla sähköyhtiöillä on tarjota niin sanottu pankkisopimus, jossa sähkösopimukseksi voi valita joko vaihtuvan tai kiinteän hinnan. Jos ylituotantoa on runsaasti, menee ylituotanto pankkiin, josta sitä voi seuraavina kuukausina hyödyntää. Ylijäämätuotannosta voi saada samansuuruisen korvauksen kuin millä sähköä ostaisi. Vaihtoehtoisesti tarjolla voi olla kiinteä hinta, esimerkiksi 5 senttiä kilowattituntia kohden. (Käpylehto 2016, 130.)

Kuva 5 havainnollistaa mistä sähkön hinta koostuu. Ostosähkön hinta on esimerkin mukaan noin 13,9 senttiä/kWh. Ostosähkön hinta voidaan säästää, kun tuotetaan aurinkosähköä itse oikeaan aikaan kulutuksen mukaan. Toisaalta kuvasta voidaan havaita myös sähkön myynnistä saatavat tulot, jotka ovat hyvin pienet 0–4,3 senttiä/kWh verrattuna ostosähkön hintaan. Keskeisintä on siis, että aurinkosähkön tuotannosta käytetään itse mahdollisimman paljon (Käpylehto 2016, 93).



Kuva 5. Aurinkosähkö on arvokkaimmillaan, kun sillä vältetään sähkön ostaminen (Yle 2021).

4.2 Mitoitus

Asuinrakennusten aurinkosähkövoimalat ovat yleensä kooltaan 2,5–10 kW ja teolliset/palvelukiinteistöjen yhteydessä toimivat voimalat yleensä nimellisteholtaan vähintään 10 kW (Finsolar 2020). Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksella tarkoitetaan käytännössä paneelien yhteenlaskettua nimellistehoä. Mitoitus riippuu paljon siitä, mihin pyritään. (Motiva 2021h.)

Tärkeää on huomioida, että aurinkosähköjärjestelmän oikein mitoitettu toiminta edellyttää tuottoa vastaavan vuorokausikulutuksen. Järjestelmän koon mitoitus on hankalaa koska kulutus saattaa olla vaihtelevaa ajallisesti, eivätkä kulutus ja tuotanto useinkaan ole yhtä suuria ja vaihtelevat voimakkaasti päivänmittaan. (Tahkokorpi 2016, 153, 162.) Tästä siis seuraa se, että jokin määrä tuotannosta menee jollakin ajan hetkellä myyntiin sähköverkkoon ja täytyy toisella hetkellä ostaa takaisin. Myydystä sähköstä saa korvauksena vain sähkön energian hinnan, joka on noin 1/3 verkosta ostetusta sähkö kokonahinnasta. (Tahkokorpi ym. 2016, 162–163.) Mitoitus on hyvä tehdä niin, että aurinkosähköä jäisi noin 80–90 % omaan käyttöön vuositasolla (Seuna 2020, 4–5).

Aurinkosähköjärjestelmän hankinnassa on tärkeintä huomioida oikea mitoitus kulutuksen mukaan, kohdentaminen on avainasemassa. Jos ei kohteessa, jossa aurinkopaneelisiin investoidaan kulutus muutu merkittävästi 30 vuoden aikana ja oletettavasti paneelit tuottavat vielä noin 80 % alkuperäisestä tehostaan, on mitoitus 30 vuodenkin päästä vielä hyvä ja täysin toimiva. Jos sähkön hinta edelleen kasvaisi, niin sähköä kannattaa tuottaa omalla katolla niin paljon kuin pystyy, koska tällöin ylijäämänsähkön myyntikin voi olla jo kannattavaa. (Sonsofsolar 2019; Finsolar 2020; Tahkokorpi ym. 2016, 153.)

Mitoituksessa tulee selvittää kohteen sähkön kulutus, mielellään tuntitasolla, olemassa olevasta rakennuksesta sekä sähkön kulutusprofiili erityisesti kesällä. Tuntikulutustiedon mukaan voi parhaiten mitoittaa järjestelmän oikean kokoiseksi. (Tahkokorpi ym. 2016, 177–178; RT 103076, 2019.) Tuntikulutustieto on saatavissa ilmaiseksi kaikilta sähkön toimittajilta.

Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus voidaan perustaa erilaisiin lähtökohtiin:

- pohjakulutukseen perustuva mitoitus, jos halutaan mahdollisimman lyhyt takaisinmaksuaika, nimellisteho saa olla enintään yhtä suuri kuin pienin jatkuva sähkötehon tarve eli pohjakulutus

- kesän keskimääräinen tai enimmäiskulutus
- keskimääräinen kulutus vuoden aikana eli nettonollaenergiamitoitus (tuotetaan vuodessa yhtä paljon kuin kulutetaan)
- sähkön osalta energiaomavaraisuus
- käytettävissä oleva, pääosin varjostamaton pinta-ala
- järjestelmään käytettävissä olevan rahamäärä. (Motiva 2021g; Motiva 2021h.)

Aurinkosähköjärjestelmän pohjakulutukseen perustuvassamitoituksessa on oleellista huomioida kohteen pohjakulutus eli määrä, joka kulutetaan kohteessa jokaisena tuntina. Mitoituksen tulisi vastata päiväkäytön pohjakuormaan, jolloin sähköntuotanto yli tarpeen jää mahdollisimman vähäiseksi (RT 103076, 2019). Kuukausivaihtelu otetaan usein mitoituksessa huomioon niin, että parhaana tuotantoaikana tuotettua sähköä jää myytäväksi sähköverkkoon. Tuotetaan siis hieman enemmän kuin kesän keskimääräinen tai enimmäiskulutus olisi. Näin voidaan saada kevät- ja syysaikoina tuotettu aurinkosähkö riittämään pitemmäksi ajaksi omaan tarpeeseen ja kokonaistuotto on vuositasolla suurempi. (Motiva 2021f.) Ylimitoitukseen ei varsinaisesti ole tarvetta, mutta toki tulee huomioida, että hieman ylimitoittamalla voidaan kokonaistuotto vuositasolla saada paremmaksi. Aurinkosähköjärjestelmällä voidaan myös pyrkiä täysin energiaomavaraiseksi, mutta tällöin investointikustannukset tulevat kovin suuriksi verrattuna tuottoon (Motiva 2021g).

Tarkkoja mitoitukselaskelmia on mahdollista tehdä stimulointiohjelmilla, joihin syötetään tiedot paneelityypeistä, invertterilaitteet, kaapelit ja niin edelleen. Näissä ohjelmissa hyväksi käytetään erilaisten tietolähteiden ilmastotietoja ja huomioidaan paikalliset varjostukset. Laskelmien pohjalta voidaan myös tehdä tarkka paneelien ja keräinten sijoittelu-suunnitelma. Aivan tarkkoja mittauksia on kuitenkin mahdollista saada vain vähintään vuoden kestäväällä säteilymittauksella. (Tahkokorpi ym. 2016, 30–31, 162.) Aurinkosähköjärjestelmänmitoitus kannattaa jättää ammattilaisten tehtäväksi.

4.3 Sähkömarkkinalaki ja verotus

Aurinkosähkövoimaloita koskee verotuslainsäädäntö, jonka mukaisesti yli 100 kW:n voimalat ovat sähköverollisia. Pientuotanto on vapautettu sähköverosta. Sähköverosta vapaita suurempiakin voimaloita voidaan rakentaa, jos vuosituotanto omaan kulutukseen jää alle 800 megawattitunnin. Yli 10 kilowolttiampeerin nimellistehoisten

aurinkovoimaloiden tulee ilmoittautua sähköverovelvollisiksi ja tehdä sähköveroilmoitukset. (Tahkokorpi 2016, 191.)

Sähkömarkkinalaki säätelee kaikkea sähköntuotantoa. Periaatteessa laki takaa kaikille sähkökäyttäjille oikeuden liittää aurinkosähköjärjestelmiä sähköverkkoon. (Auvinen ym. 2016, 21–22.) Koska aurinkosähköjärjestelmä saattaa tuottaa hetkellisesti ylituotantoa, on sähköverkkoyhtiön kanssa tehtävä sähköostosopimus, sähköyhtiön kanssa voimassa olevan myyntisopimuksen lisäksi. Yleensä se tehdään olemassa olevaa sähkösopimusta muuttamalla. Periaatteessa sähköä ei tarvitse myydä samaan paikkaan, josta sitä ostetaan. (Käpylehto 2016, 125–129.)

Samalla kiinteistöllä tapahtuvaa tuotantoa ja kulutusta pidetään pientuotantona. Sähköverosta vapautetun pientuotannolla tuotetun sähkön voi myös siirtää verottomasti kiinteistörajan yli, mutta pitää huomioida, että sähkön siirtoa sääntelee sähkömarkkinalaki. Sähkömarkkinalain mukaan aina kiinteistörajan ulkopuolelle sähkön jakelu vaatii paikallisen jakeluverkon suostumusta. Poikkeus sähkömarkkinalain mukaan on kuitenkin tilanne, jossa itse tuotetun sähkön jakelu tapahtuu kiinteistöä vastaavan yhtenäisen kiinteistöryhmän sisällä yhtenäisen kiinteistöverkon avulla. Kiinteistöryhmä tarkoittaa toisistaan rajautuvia kiinteistöjä kiinteistöryhmän sisällä. Kiinteistöjä, jotka ovat saman tahon hallinnassa omistuksen tai sopimushallinnollisen järjestelmän kautta, esimerkiksi vuokrauksen kautta. Yhtenäinen kiinteistöverkko on mahdollista rakentaa, jos kysymyksessä on kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäinen verkko tai alueellinen jakeluverkko antaa suostumuksen. Myöskään kiinteistöjen läpi kulkevat tiet eivät tällöin ole esteenä kiinteistöryhmän sisäisille sähkösiirroille. (Auvinen ym. 2016, 22–26, 81.)

Katolle asennettavat aurinkopaneelit eivät yleensä vaikuta kiinteistöveron määrää. Koska katolle tai seinään asennettu aurinkovoimala ei vaikuta kyseisen rakennuksen jälleenhankinta-arvoon, eikä näin ollen myöskään siitä perittävään kiinteistöveron määrään. Kiinteistöveroprosenttiin ei myöskään katolle asennettavat aurinkopaneelit vaikuta, sillä rakennuksen tai rakennelman veroprosentti määräytyy sen pääasiallisen käyttötarkoituksen mukaan. (Auvinen ym. 2016, 22–26.)

4.4 Investoinnin taloudellinen tarkastelu

Jotta aurinkoenergia investoinnin kannattavuutta voi tarkastella kriittisesti, täytyy investoinnin kannattavuudessa huomioida ainakin investoinnin hinta, korko, vuosituotto,

ostosähkön hinta ja sähkön hintakehitys, verkkoon myydyn sähkön hinta ja aurinkosähkön tuotannosta itse käytettävä osuus sekä aurinkopaneeliston tuotannon lasku. Investointia suunniteltaessa on hyvä itse asettaa jokin tavoite sille, missä ajassa säästöjen on ylitettävä investointikustannukset. Mitään ohjeellista takaisinmaksuaikaa ei ole. Aurinkosähkölaitteita voisi pitää taloudellisesti kannattavana ja oikein mitoitettuna, mikäli se maksaa itsensä takaisin noin 15 vuodessa. Takaisinmaksuajan osalta on myös hyvä huomioida laitteen käyttöikä. Jos takaisinmaksuaika ylittää laitteen käyttöiän, ei investointi ole kannattava. (Motiva 2018, 6; Käpylehto 2016, 93–97.)

Investointihintaan lasketaan kaikki ne kustannukset, jotka tulevat aurinkosähkölaitteiden käyttöönotosta. Verkkoon liitetty aurinkosähkölaitteiden kannattaa hankkia lähtökohtaisesti avaimet käteen -periaatteella, jolloin investoinnin hinta pystytään määrittämään hyvin tarkoin ja minimoidaan myös riskiä hankinnan epäonnistumisesta. Investoidulla rahalla on kustannuksena yleensä korko, kun se on lainattu rahaa. (Käpylehto 2016, 93–94.) Aurinkosähkölaitteiden nimellishinta (euroa/W) oli 2015 vuoden loppupuolella noin 0,5 euroa/W, hinta on laskenut selvästi aikaisemmista vuosista. Omakotitalon eli selvästi alle 10 kW:n aurinkosähkölaitteiden kustannus asennettuna on noin 1,3–2 euroa/piikkiwatti. (Tahkokorpi 2016, 189–190.) Vuonna 2014 aurinkosähkövoimalan alin nimellishinta 7,5–22,5 kW-luokan laitteille oli 1,21–1,50 euroa (alv 0 %) (Tahkokorpi 2015, 2). Kattoasenteisen 10–250 kW:n kokoluokan aurinkosähkölaitteiden hinta avaimet käteen asennettuna oli keskimäärin 1,05–1,35 euroa/W (alv 0 %) vuosina 2014–2016. (Finsolar 2020.) Hinnat sisältävät koko teknisen laitteiden ja asennuksen. Laiteisiin kuuluu muun muassa paneelit, invertteri, säädin, kiinnikkeet ja johdot. (Finsolar 2020.)

Paneelien vuosituotto vaikuttaa investoinnin kannattavuuteen. Vuosituottoon vaikuttavat esimerkiksi laitteiden maantieteellinen sijainti, varjostukset, asennuskulmat ja asennustapa. Yksi kW asennettua kapasiteettia tuottaa arviolta Suomessa vuositasolla noin 800–850 kWh sähköä. Aurinkosähkölaitteiden kannattavuutta tarkasteltaessa on hyvä ottaa huomioon myös se, että paneeliston tuotanto laskee paneelien ikääntyessä, lasku riippuu myös käyttöolosuhteista. Ikääntymiseen ei varsinaisesti voi vaikuttaa mutta käyttöolosuhteisiin voi. Tehon lasku on yleisesti pidetty 0,2–1 prosenttia vuodessa. (Käpylehto 2016, 96.)

Aurinkosähkön taloudellisuutta tarkemmin arvioitaessa paras tapa on perustaa kannattavuuslaskelmat ja vertailulaskelmat oman sähkölaskun ja sähkönkulutus tietoihin (Finsolar 2020). Kohteen sähkön kulutuksesta, tulisi selvittää todelliset kulutuskohteet ja

kohdistaa aurinkosähkön tuotanto kulutuskohteisiin. Keskeisintä on, että tuotannosta pystytään käyttämään kohdistamalla valtaosa itse. Aurinkosähkölaitteiden kannattavuus paranee, jos kohteessa on jokin tai joitakin paljon kuluttavia kulutuslaitteita, joita voidaan ohjata päälle silloin, kun aurinkosähköä on ylituotantoa. Varsinkin kolmivaiheisella invertterillä sähköä kannattaa syöttää kaikkiin kohteen sähkölaitteisiin ja etenkin suurta sähkötehoa tarvitsevat laitteet tulisi kytkeä verkon kaikkiin kolmeen vaiheeseen. Vuorokauden sisällä voidaan siis tuotannon ja kulutuksen ajoitusta muokata, mutta vuosisitasolla ei tuotantoeroille voida tehdä juurikaan mitään. (Tahkokorpi ym. 2016, 153, 162–163.)

Aurinkosähköinvestoinnin kannattavuutta tarkemmin tarkastellessa voidaan laskea takaisinmaksuaika ja investoinnin sisäinen korkokanta, jotka ovat periaatteessa saman laskennan kaksi lähes samaa tarkoittavaa tulosta. Laskelmissa lasketaan investoinnin positiiviset ja negatiiviset kassavirrat vuosittain koko investoinnin elinkaaren ajalta ja diskontataan vuotuiset kassavirrat nykypäivään. Jos positiiviset kassavirrat ovat suuremmat on investointi tuottava, tällöin hankkeelle voidaan laskea takaisinmaksuaika. Diskontauskorko on se sisäinen korkokanta, jolla aurinkoenergia investoinnin netto nykyarvoksi tulee nolla. Korkoa voidaan pitää investoinnin tuotto prosenttina ja korkoa voidaan verrata, verrattaessa aurinkoenergiainvestointia muihin kilpaileviin investointeihin. Usein korkoa verrataan osakesijoituksiin tai lainamarkkinoihin ja toivotaan, että investointi tuottaisi jopa 8 % tuoton. Tällöin se tarkoittaisi 12,5 vuoden ($100 \% / 8 \% / v$) takaisinmaksuaikaa. Kyseinen laskentatapa on ongelmallinen. Laskennassa käytetyistä arvoista tulisi tietää tuotetun sähkön arvo seuraavat 30 vuotta. Ja tosia-asia on, että sähkön hinnan kehitystä ei voida tarkoin ennustaa. (Tahkokorpi ym. 2016, 164, 188.) Takaisinmaksuaika ei ole yksin soveltuva aurinkoenergian kannattavuuden arviointimenetelmä (Auvinen ym. 2016, 8).

Yksi kannattavuuden tarkastelussa käytetty mittari verratessa eri energiantuotantomuotoja on niin sanottu LCOE (levelised cost of energy), joka on laskettavissa varsin tarkasti. Pääosa kuluista toteutuu investointihankkeen alussa ja ne voidaan arvioida varsin luotettavasti. LCOE lasketaan niin, että hankkeen elinkaaren aikana aiheutuneet kustannukset lasketaan yhteen nykyarvossa. Ja tämä summa jaetaan hankkeen elinaikana oletetulla energian tuotolla. Tuloksena saadaan hinta, joka on senttiä/kilowattitunti tai euroa/megawattitunti. Laskennan voi tehdä myös yksinkertaistettuna. Tällöin nykyarvoistusta ei tehdä. Kansainvälisesti on tehty paljonkin laskelmia siitä, mitä LCOE on tai tulee olemaan eri maissa aurinkosähkölaitteiden osalta. (Tahkokorpi 2016, 188–189.)

Kiinteistöjen aurinkosähköjärjestelmien LCOE-hinnat kansainvälisesti ovat laskeneet vuosien 2008–2014 aikana 42–64 % (Finsolar 2020). Aurinkosähkön tuotantokustannusten (LCOE) on ennustettu laskevan 2015 tasosta 59 % vuoteen 2025 mennessä (Ala-Myllymäki 2016, 86).

Investoinnin kannattavuutta on aina hyvä tarkastella monesta eri näkökulmasta. Aurinkosähköjärjestelmän investointikustannuksia eli pääomakustannuksia ei esimerkiksi ole helppo laskea yksiselitteisesti. Taulukkoon 2 on koottu aurinkosähkön pääoma- ja käyttökustannukset, käyttöikä sekä karkea saanto arvioiden ja erilaisten esimerkkien avulla. Investoinnin kannattavuuden tarkastelussa voi arvoja käyttää suuntaa antavina arvoina päätösten pohjalle tai laskelmissa arvoina.

Taulukko 2. Aurinkosähkön pääoma ja käyttökustannukset, järjestelmän käyttöikä sekä saanto (RIL 265-2014, 71).

Käyttömahdollisuus	Pääoma/Investointi (hintana asennettuna sisältäen ALV) €/kW	Käyttöikä (vuosia)	Hyötysuhde %	Käyttökustannus €/kWh	Saanto uusiutuvaa energiaa vuodessa kWh/investoitu kW	PÄÄOMA Investointi per vuodessa saatu energia €/kWh
Sähkö	1500–3500	12–30	12–17 %	0	750–1000 kWh/paneeli m ² ,v	0,12–0,14

4.5 Investoinnin rahoitus ja tuet

Aurinkoenergiainvestointien toteuttaminen voi toteuttaa erilaisilla rahoitusmalleilla. Oma rahoitus on aina vartenotettava vaihtoehto ja rahoitusvaihtoja pohdittaessa huomioon tulee ottaa investoinnin pääoman korko (Finsolar 2020). Erilaisia rahoitusvaihtoehtoja on oma pääoma, laina, osamaksukauppa, rahoitusleasing, käyttöleasingrahoitus tai joukkorahoitus. Lainan ottaminen on lähtökohtaisesti kannattavaa silloin, kun investoinnin tuotto on suurempi kuin lainan korkokulut. Isompien aurinkovoimalainvestointien vuotuinen tuotto voi olla 4–9 %. Kunnat voivat saada energiainvestointeihin edullista lainaa tai mahdollisesti leasingrahoitusta. Erilaisten osamaksu-, leasingrahoitus- ja aurinkoenergian ostosopimusten etuna on, että kunta voi tehdä ilman erityisiä vakuuksia investointeja aurinkoenergiaan. Niitä ei myöskään pääsääntöisesti käsitellä taseessa velkana. Usein kuitenkin leasingrahoitus on kalliimpi vaihtoehto lainaan verrattuna. Investoinnin koon kasvattamisessa kuntarahoitus tarjoaa kunnille aurinkoenergiainvestointeihin laina- ja leasingrahoitusta. Kuntarahoituksen rahoituskulut ovat kooltaan mittavamman aurinkoenergiainvestoinnin tyypillistä tuottoa alhaisemmat. (Auvinen ym. 2016, 54–58.)

Osamaksukaupassa aurinkovoimalan koko hinta maksetaan rahoittajalla sovituksessa ajassa. Rahoittajalla on omistusoikeus siihen asti, kun sovittu määrä maksueristä on maksettu. Leasing-rahoitusmallissa aurinkovoimala säilyy rahoittajan omistuksessa koko sopimuskauden ajan ja sopimuskauden päättyessä voimala siirtyy käyttäjän omistukseen ennalta määritellyä jäännösarvoa vastaan. Käyttöleasingrahoituksessa on kyse pitkäaikaisesta vuokrauksesta. Käyttöleasingsopimuksen päättyessä voimala ei yleensä siirry käyttäjän omistukseen. Joukkorahoituksella tarkoitetaan tapaa kerätä rahoitusta kullutajilta aurinkoenergiահankkeisiin. Tällaisia ovat esimerkiksi vastikkeellinen tuotelahjakortti tai piensijoitus aurinkovoimalահankkeeseen lainan muodossa. Vastikkeeksi saa aikanaan investoinnista syntyviä tuottaja korkotuottojen tai osinkojen muodossa. (Auvinen ym. 2016, 54–57.)

PPA-malli (Power Purchase Agreement) on sähkön ostosopimusmalli. Rahoituksen osalta malli vastaa hyvin pitkälti käyttöleasingrahoitusta. (Auvinen ym. 2016, 56.) Sopimuksessa käyttäjä sopii ostavansa tietyn määrän ostosähköä sähköntuottajalta sopimuksen mukaiseen hintaan esimerkiksi 10–20 vuoden ajan. Aurinkovoimalan käyttäjän kiinteistöön rakennuttaa sopimuskumppani eli rahoittaja, joka vastaa myös tuotosta ja ylläpidosta. Sopimuksen ajan sähkönmyyjällä eli sopimuskumppanilla säilyy aurinkovoimalan omistus. Hansel (Valtion ja Kuntaliiton omistama hankintayksikkö) on 2020 lähtien tarjonnut kuuden vuoden mittaista yhteishankintaa aurinkovoimaloista. Hanke toteutetaan DPS-mallilla (Dynamic Purchasing System), joka tarkoittaa sitä, että hankkeeseen pääsee mukaan uusia toimittajia ja asiakkaita koko hankkeen keston ajan. Aurinkovoimalat toimitetaan täysin valmiina, avaimet käteen periaatteella. Voimalan voi joko ostaa kokonaan tai PPA-mallia hyödyntäen. (Seuna 2020, 7.) Tämä aurinkosähkön hankintamalli toimii tehokkaimmin niille, jotka käyttävät merkittävän määrän sähköä, kuten teollisuuskiinteistöt tai kauppakeskukset. Sähkökäyttäjä ostaa sähkön tiettyyn hintaan, mutta vapautuu investointikustannuksista. (Käpylehto 2016, 40.)

Aurinkoenergia on uutta teknologiaa suomalaisessa rakentamisessa ja kunnissa sen riskit koetaan suuremmiksi kuin mitä ne todellisuudessa ovat. Kunnissa investoinnit tehdään kuntalaisilta kerätyillä varoilla ja varat halutaan käyttää vastuullisesti vähäriskisiin kohteisiin. Aurinkoenergiaan koetaan useimmiten vielä liittyvän epävarmuustekijöitä, jotka näin nostavat riskin tunnetta ja vähentävät investointihalukkuutta. Myös aurinkoenergian heikompi kannattavuus verrattuna moniin muihin energiasäästöteknologioihin hidastaa aurinkoenergia investointien yleistymistä. Lisäkustannuksia saattavat

aiheuttaa myös vaadittavat rakenteiden vahvistamiset ja kantavuuslaskelmat. (Auvinen ym. 2016, 64–65.)

Kunnalla on mahdollista hakea työ- ja elinkeinoministeriön energia tukea. Energiatuki voidaan myöntää sellaisiin investointi- tai selvityshankkeisiin, jotka edistävät

1. uusiutuvan energian tuotantoa tai käyttöä
2. energiasäästöä tai energian käytön tehostamista
3. muutoin energiajärjestelmän muuttumista vähähiiliseksi.

Ensimmäisen kohdan mukaisia uusiutuvan energian käyttöön liittyviä tuettavia investointeja on muun muassa pienet sähkön- ja lämmöntuotantohankkeet, kuten aurinkosähköjärjestelmät. Tukea voidaan myöntää, jos hanketta ei toteutettaisi ilman tukea ja ennen tuen myöntämistä koskevaa päätöstä. Eli hankkeesta ei ole tehty sitovaa investointipäätöstä, tilausta tai muuta sitoumusta, eikä selvityshankkeesta ole tehty sitovaa tilausta tai sitoumusta. Tukea myönnetään yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille. Aurinkosähköhankkeille tyypillinen tuki vuonna 2020 on 20 % ja tuettavien hankkeiden investointikustannukset on oltavat vähintään 10 000 euroa. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2020a; Työ- ja elinkeinoministeriö 2020c) Eryteisesti uusien energiateknologioiden käyttöönottoa edistetään energiatuella. Energiatehokkuussopimuksen piiriin kuuluva kunta voi olla oikeutettu energiasäästöä tai energian käytön tehostamista edistävän investointituen piiriin ja olla oikeutettu myös 20 % energiатукееn. Sopimukseen liittyneet voivat siis hakea tukea myös tavanomaisen tekniikan energiatehokkuutta edistäviin investointeihin. Energia tukea ei myönnetä, mikäli hanke on aloitettu ennen tukipäätöstä. Mikäli rahoitus on saatu, tulee projektista tiedotettaessa kertoa, että projektia on rahoittanut Business Finland. Energiatukihakemus jätetään Innovaatorajoituskeskus Business Finlandiin ja haku on jatkuva. (Business Finland 2021; Energiatehokkuussopimukset 2021.) Useimmiten yritysten ja kuntien tapauksessa energiатуеn saaminen on investoinnin kannattavuuden yksi ehto (Auvinen ym. 2016, 8).

4.6 Aurinkosähköninvestointi kunnissa

Uusiutuvista energialähteistä tuotetulla energialla voidaan edistää kestävästä kehityksen toteutumista muun muassa kunnissa. Valtakunnallista yhtenäistä ohjeistusta uusiutuvan energian huomioimiseen ei ole olemassa. Käytännössä päätökset tehdään kunta- tai aluekohtaisesti. Uusiutuvan energian käyttö lisää alueellista hyvinvointia päästöjen

vähentämisen ohella. Kunnissa on kaksikin yksikertaista tapaa vähentää hiilidioksidipäästöjä. Valitsemalla suoraan uusiutuvalla energialla tuotettua sähköä esimerkiksi tuottamalla aurinkosähköä itse tai hankkimalla alkuperätakuut kulutetulle sähkölle, vaikka osallekin kulutusta. Alkuperätakuu varmistaa siis sen, että sähkönkulutukseen käytetään uusiutuvaa sähköä. (Motiva 2021a; Motiva 2021c; Motiva 2021d.)

Valtio, kunnat ja kuntayhtymät hankkivat, mutta myös tuottavat vuosittain suuria määriä sähkö- ja lämpöenergiaa. Kuntien asema paikallisena energiantuottajana on muuttunut, kun sähkömarkkinat avautuivat. Tällä hetkellä kunnat voivat toimia energian hankkijoina, mutta myös tuottajina tai molempina. Uusiutuvan energian valitseminen ja energiatehokkuuden parantaminen on keskeisintä siellä, missä energiaa kuluu eniten. Vaikka kunnat eivät tee erillisiä energia- ja ilmastostrategioita, sisällyttävät ne useimmiten energiatehokkuuden ja uusiutuvan energian kuntastrategiaansa. Kunta voi teettää uusiutuvan energian kuntakatselmuksen, kevyemmän energiatasekartoituksen tai jonkin yksittäisen energiantuotantomuodon tarkemman selvityksen, jonka avulla voidaan tunnistaa tuotannolle potentiaalisia alueita ja myös rajoitteita. Uusiutuvan energian kuntakatselmukseen on saatavissa tukea. (Motiva 2021a; Motiva 2021b.)

Kuntien on hyvä selvittää muun muassa rakennuksiensa lämmöntuotannossa mahdollisuuksia siirtää uusiutuvien energialähteiden käyttöön, mikäli rakennus ei ole esimerkiksi jo kaukolämpöverkon piirissä tai rakennuksessa on edelleen öljylämmitys. (Motiva 2021b.) Aurinkoenergian hyödyntäminen on tehokas tapa olemassa olevan rakennuskannan energiakulutuksen ja päästöjenkin leikkaamiseksi, sekä kannustava tapa parantaa kunnan energiaomavaraisuutta ja osoitus halusta tukea uusiutuvan energian käytön kehitystä. Rakennuksessa tuotettu aurinkosähkö huomioidaan rakennuksen energiatoistuksessa. (RT 103076, 2019.)

Kunnilla on myös monipuoliset mahdollisuudet liikenteessä edistää uusiutuvan energian käyttöä. Sähkökäyttöiset kulkuneuvot luokitellaan nollapäästöisiksi ja näin ollen niiden käytöllä vaikutetaan kasvihuonepäästöihin ja näin myös energiatuotannon päästöihin. Julkisten hankintojen kautta voidaan vaikuttaa uusiutuvan energian käyttöön liikenteessä. Kunnat voivat edistää uusiutuvan energian käyttöä muun muassa hankkimalla täyssähköautoja, ladattavia hybridejä tai sähköpolkupyöriä ja rakentamalla näille julkisia aurinkosähköllä toimivia latauspisteitä omien kiinteistöjensä autopaikoille. (Motiva 2021e.)

5 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄ JULKISESSA RAKENNUKSESSA

Maailmanlaajuisesti aurinkosähkön yleisin hyödyntämistapa on verkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä (Finsolar 2020). Aurinkosähköjärjestelmän hankintaa kannattaa harkita kohteissa, joissa sähkön kulutus on kesäaikaan merkittävä tai verkko ei ole käytettävissä. Aurinkosähkön huipputuoton aika on kesällä, mutta sähköä saadaan myös maaliskuusta syyskuuhun parhaan tuoton osuessa huhti-elokuuhun (RT 103076, 2019). Eri-tyisen hyvin aurinkosähkön asennuksen kohteeksi soveltuu toimisto- ja muut kiinteistöt, joita jäähdytetään kesällä ilmastointilaitteilla. Kun kiinteistön jäähdytyksen kulutushuippu yleensä kesäaikaan osuu yksin aurinkosähkön tuottohuipun kanssa, päästään korkeaan oman käytön asteeseen jo muutaman kymmenen kWp-järjestelmällä (RT 103076, 2019.) Kiinteistösähkö ja kesäpäivien sähköinen jäähdytyksen kulutus on soveltuvia käyttökohteita aurinkosähkölle. Myös sähköinen käyttövesivaraaja tai sähköautojen lataus voidaan ohjata toimimaan silloin kun aurinkosähköä saadaan.

Systemaattinen esimerkiksi kaupungin tai kunnan kiinteistöjen ja julkisten rakennusten aurinkoenergia- ja energiatehokkuuspotentiaalin arviointi auttaa löytämään ja priorisoimaan kannattavat aurinkosähköenergia kohteet. Esimerkiksi kunnissa voitaisiin kartoituksen pohjalta asettaa tavoitteeksi, että kaikki yli 3–5 prosentin vuosituoton investoinnit toteutetaan. Samalla tavalla jokaisen aurinkoenergiaan investoivan tulee asettaa itselleen joku tavoite minkä haluaa tavoittaa investoidessaan aurinkoenergiaan. (Auvinen ym. 2016, 77.)

5.1 Aurinkosähköjärjestelmän hankintaprosessi kunnassa

Kuntatoimitoimijoille on Aalto-yliopiston FinSolar-hankkeen julkaisemana tehty prosessiohje aurinkoenergiajärjestelmien hankkimiseksi:

1. Investointiehdotus aurinkoenergian käyttöönotosta tehdään rakennuksen käyttäjän tai edustajan toimesta suoraan tai oman viraston kautta rakennuksen omistajavirastolle.
2. Omistajavirasto, tyypillisesti tilakeskus, antaa selvitysluvan.

3. Tiedustelu Työ- ja elinkeinoverastoon TEM, investointitukien selvittämiseksi. Selvitetään investointituen saamisen mahdollisuudet ja minkä suuruisella tukiosuudella.
4. Asennuskohteesta kerätään tarvittavat tekniset tiedot ja energiankulutustiedot.
5. Rakennusvirasto tekee itse tai pyytää budjettitarjouksia saadakseen alustavan kustannusarvion.
6. Investointipäätös kaupungilta. Määritetään sisäisesti rahoitus- ja sopimusmalli, jota halutaan soveltaa aurinkovoimaloiden tai -voimalan hankintaan. Vaihtoehtoja ovat oma pääoma, laina, leasing-, osamaksurahoitus, pitkäaikainen aurinkoenergian ostosopimus sekä joukkorahoitus.
7. Mikäli kyseessä on yli 20 kW:n aurinkosähkö- tai 20 neliön aurinkolämpöjärjestelmän hankinta, olisi hyvä harkita tarjouskilpailun teettämistä aurinkoenergia-suunnittelijalla. (Auvinen & al. 2016, 68–73.)

Kuvassa 6 on esitetty hankintapolku aikajärjestyksessä toimenpiteistä, joita aurinkosähköinvestointiprojektin läpivienti edellyttää kunnan tai kaupungin organisaation sisällä. Hankintapolussa tulee kohdassa 9 huomioida, että olemassa oleviin rakennuksiin aurinkoenergiainvestoinnista pyritään päättämään kohteen saneerauksen tai esimerkiksi toteutetun energiaremontin yhteydessä. Näin ollen remonttien kokonaisbudjetti on yleensä päätetty jo aiemmin kaupungin tai kunnan vuosibudjetin laadinnan yhteydessä. Hankintapolussa tulee myös huomioida kaupunkien ja kuntien eroavaisuudet. Suuremmassa kaupungissa yksittäisen hankkeen ja sen rahoituksen hyväksyminen voi edellyttää useamman viraston myönteistä päätöstä. Kunnissa ja kaupungeissa jokainen investointipäätös tai hankinta voi edellyttää erilaista ja tästä hankintapolusta poikkeavaa käsittelytapaa. Koordinointiin kuuluu investointiprojektin vetäjältä aikaa, koska investointiprosessin ja monimutkaisemman päätöksenteon toteutus jakautuu usein monen eri hallinnollisen yksikön välille. Hankinnan toteuttamiselle vielä lisähaasteita asettaa julkinen hankintalaki, sekä talouden hallinnointi. Investointihankkeiden koordinointi edellyttääkin hyvää kuntaorganisaation tuntemusta. On havaittavissa, että jopa kestävään kehitykseen tähtäävien hankintojen harmillisesti rajoittava ja hidastava tekijä saattaa olla työntekijöiden ajalliset resurssit, kun heiltä vielä edellytetään monialaista osaamista mutkikkaan hankintaprosessin sujuvaksi läpiviemiseksi. (Auvinen & al. 2016, 68–73.)



Kuva 6. Hankintaprosessin eteneminen investointituki huomioiden (Auvinen ym. 2016, 72).

5.2 Aurinkosähköjärjestelmän tarjouspyyntö

Kun asennuskohde ja sen energian tarve on selvitetty itse aurinkoenergiajärjestelmän mitoitus tarjousvaiheessa kannattaa pyytää ammattilaiselta eli mahdolliselta tarjouksen antajalta. Aurinkosähköjärjestelmän hankintaa kannattaa tutkia nimenomaan kesäajan energiakulutuksen mukaan niin, että tuotettu sähkö uppoaa suurimmilta osilta

sähkönkulutuksen alhaisimpaan kulutuksen tasoon eli pohjakuormaan. Kannattavuuteen vaikuttaa oleellisesti järjestelmän oikea mitoitus.

Tarjouspyynnöt on hyvä pyytää avaimet käteen -periaatteella, niin että niissä tavoitellaan hyvää aurinkoenergian tuotantohintaa senttiä/kWh. Tarjouspyynnössä kannattaa kertoa

- rakennuksen energiankulutus (sähkölaskut kesäajalta toimittajalle)
- asennuspaikka (kallistuskulma, katon koko ja materiaalit)
- laatuksiteerit, kuten takuu aika ja tuottotakuu. (Auvinen ym. 2016, 49–51.)

Tarjouspyynnön perustuessa investoinnin taloudelliseen tuottoon tai aurinkoenergian tuotantohintaan eikä itse järjestelmän hintaan, voi teknisten yksityiskohtien kuten tekniikan määrittämisen ja koko järjestelmän koon jättää aurinkoenergiajärjestelmää tarjoavalla ammattilaiselle. Jos kilpailutettaisiin aurinkoenergian palvelusopimusta kannattaa kriteerinä käyttää sopimuskautta sillä ehdolla, että aurinkoenergia saa maksaa saman verran tai jopa vähemmän kuin kohteen vastaavat ostoenergian kustannukset ovat hankintahetkellä. (Auvinen ym. 2016, 49–51.)

Järjestelmän arvoon vaikuttaa valittu paneelien määrä ja invertterien määrä eli valittujen komponenttien määrä ja hinta. Aurinkosähköjärjestelmissä on vain kaksi varsinaista toiminnallista komponenttia invertteri ja aurinkopaneelisto sekä kaapelointi niiden välillä. Käytännössä toimiakseen turvallisesti, käytännöllisesti ja määräysten mukaisesti järjestelmä vaatii lisäksi määrättyjä lisäkomponentteja, sekä asennukseen erilaisia mekaanisia komponentteja. On hyvä huomioida, että huoltovarmuus komponenttien määrän lisääntyessä helposti heikkenee. Alkuinvestoinnin jälkeen kustannuksia voi tulla myös mahdollisten osien rikkoutumisesta, mikä ei ole kovin todennäköistä, koska komponentit ovat suhteellisen pitkäikäisiä. Kustannuksia voi syntyä myös paneelien puhdistuskustannuksista. (Tahkokorpi ym. 2016, 161–162, 187–188.) Investoinnin alkupääoma on yksikertaista vertailla saatujen tarjousten perusteella. Vertailussa on hyvä laskea järjestelmän yksikköhinta euroa/kWp.

5.3 Kiinteistön energiatalouden parantaminen

Energiatalouden parantavia toimia on järkevä toteuttaa vain siinä laajuudessa kuin ne ovat kilpailukykyisiä muihin vaihtoehtoihin sijoituksiin nähden. Kiinteistöjen energiatalouden parantamiseen kohdistuvia toimia pohdittaessa on hyvä arvioida ja laskeakin

investoinnin elinkaarikustannuksia. Arvioinnissa on tavallisesti yleensä viisi vaihetta, jotka ovat

- lähtötietojen hankinta ja arviointi
- investointi- ja ylläpitokustannusten arviointi
- kannattavuuslaskelmat
- tulosten analysointi
- päätelmät.

Kiinteistön energiatalouden parantamiseen kohdistuvissa toimissa lähtötietoja tarkastelemalla selvitetään nykyinen kulutus. Investointikustannuksiin lasketaan mukaan kaikki ne korjaushankkeen kustannukset, joita korjaustoimen yhteydessä oletetaan muodostuvan. Mikäli energiatalouden parantamisen yhteydessä tehdään muitakin korjaustoimia, tulisi huomioida vain kustannuksia, jotka syntyvät juuri energiatalouden parantamisesta. Kustannusten arvioinnissa tulee ottaa huomioon myös mahdolliset avustukset, rahoituskustannukset ja niin edelleen. Ylläpitokustannuksiin tulee laskea mukaan kaikki muutokset, joita energiatalouden parantamiseen kohdentuvat toimenpiteet tulevat aiheuttamaan. Laskennassa käytetään teknisen järjestelmän taloudellista käyttöaika. Kannattavuuslaskelmissa tulisi ottaa huomioon investointi- ja ylläpitokustannukset, tarkastelujakson pituus, laskentakorko ja jäännösarvo. Lähtöoletusten laatiminen on vaikein osuus, sekä energian hintakehityksen ja korkokannan kehityksen arvioiminen. Tavallisia kannattavuuslaskelmia ovat takaisinmaksuajan menetelmä, pääoman tuottoastemenetelmä, nykyarvomenetelmä, annuiteettimenetelmä ja sisäisen korkokannan menetelmä. (Virta & Pylsy 2011, 142–148, 156.)

5.4 Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus julkisessa rakennuksessa

Kannattavuuslaskemista saatuja tunnuslukuja voidaan käyttää päätöksenteon apuvälineenä. Mutta pelkät luvut eivät välttämättä ole paras lähtökohta päätöksen perusteeksi. On hyvä pohtia mitä muuta uusiutuvaan aurinkosähköenergiaan investoiminen julkiseen rakennukseen viestii esimerkiksi kunnan toiminnasta. Kokonaisuuteen liittyy myös aina arvotekijöitä, joiden perusteella voidaan tehdä arvoanalyysi. Arvoanalyysissä arvioitavia asioita voi olla esimerkiksi kiinteistön tai lähialueen vetovoimaisuuden muuttuminen tai ekologinen näkökulma. (Virta & Pylsy 2011, 148, 156.) Muita aurinkoenergiaan investoinnista viestiviä asioita voisi olla ympäristöystävällisyys, imagollisuus ja välittäminen.

Perinteisten aurinkoenergiajärjestelmän hankintakustannusten lisäksi aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen kuin myös mitoitukseenkin vaikuttavia tekijöitä ovat

- sähkön ostohinta veroineen snt/kWh (sähköenergian, sähkön siirto)
- sähkönkulutus tunneittain kWh/h
- ostosähkön hinnan ja verojen muutoksista arvio %/vuosi
- investointituki alkuinvestoinnista, %
- investoinnin laskentakorko %
- oman käytön osuus aurinkosähkön tuotannosta, %
- aurinkosähkön ylijäämän verkkoon myynnistä saatu hinta snt/kWh
- ylläpitokulut (huomioitavia: invertterin vaihto, vakuutukset, huolto yms. kulut) % tai €/MWh
- sijainnin mukaan aurinkosähkön vuosituotto kWh/kWp
- käyttöikä vuosia
- aurinkovoimajärjestelmän sähköntuotannon vähenemä noin 0,5 %/v. (Finsolar 2020.)

Mikäli aurinkosähkөөn investoimalla haetaan tänä päivänä taloudellista tuottoa, silloinkin kun kyseessä on julkinen rakennus tulisi itse käyttää mahdollisimman paljon tuotetusta aurinkoenergiasta ja kompensoidaan ulkopuolelta ostettavan sähköenergian hintaa sekä siihen liittyviä siirtomaksuja ja veroja, jotka ovat iso osa sähkön hinnasta. (Ala-Myllymäki 2016, 86.) Näin myös verkkoon syötetyn sähkön määrä jää mahdollisimman pieneksi, joka on hyvä asia, sillä sähkön syöttö sähköyhtiön jakeluverkkoon on aina vähemmän kannattavaa kuin sen käyttö omaan tarpeeseen. Ostosähkön hinta on yritys- ja yhteisöasiakkaillekin selvästi korkeampi 8–12 senttiä/kWh, kuin sähköyhtiöiden aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun sähkön hinnan hyvitys. Sähköyhtiöt kun hyvittävät sähköstä vain keskimäärin 2–6 senttiä/kWh pohjoismaisen sähköpörssin mukaisen keskihinnan mukaan. (Finsolar 2020.)

Aurinkosähköjärjestelmien kustannustekijät ovat ennusteiden mukaan laskevalla trendillä ja sähköenergian hinta ennusteiden mukaan saattaa nousta, jolloin aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun sähkön taloudellinen kilpailukyky paranee. Sähkön hinnan kehityksellä on erityisen merkittävä asema ja tulevaisuus on arvailujen varassa. (Ala-Myllymäki 2016, 98.)

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta voidaan tarkastella kohtuullisen takaisinmaksuajan perusteella. Kohtuullinen takaisinmaksuaika perustuu onnistuneeseen

järjestelmän rakenteeseen ja mitoituksen optimointiin. Kannattavuudenkin optimointiin vaikuttaa taas se, kuinka paljon onnistutaan itse käyttämään tuotetusta aurinkoenergiasta. (Ala-Myllymäki 2016, 86.) Yksinkertainen tapa laskea tarjousten perusteella takaisinmaksuaika on jakaa tarjouksen hinta (investointikustannukset) / aurinkoenergian tuotanto vuodessa x sähkön hinta. Tulee toki huomioida, että tarjouksissa esitetyt energian vuosituotot ovat aina arvioita. Jos siis järjestelmä maksaisi 31 500 euroa ja tuottaisi 25 500 kWh vuodessa, sähkön hinnan ollessa 0,10 euroa/kWh olisi takaisin maksuaika hie-man yli 12 vuotta. Oikein mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä on kannattava taloudellisesti, kun se maksaa itsensä takaisin 15 vuodessa. (Käpylehto 2016, 93–97.) Otollisessa kohteessa takaisin maksu aika voi olla jopa 13–15 vuotta (Seuna 2020, 5).

Aurinkoenergian hyödyntämisen on todettu Suomessa aurinkopaneelien ja -keräinten 25–40 vuoden takuuajojen pohjalta tarkasteltuna olevan nykyisin taloudellisesti kannattavaa (Auvinen ym. 2016, 100). On siis investoinnin yhteydessä hyvä huomioida laitteen takuuaikaa ja verrata sitä järjestelmän odotettuun toimintaikään ja paneelien takuuseen (Tahkokorpi ym. 2016, 147).

Yksi suurimmista syistä investoida aurinkosähköön on sen investoinnin tuotot. Aurinkovoimaloilla voisi arvioida olevan noin 3–8 % pääoman tuotto vuodessa tämänhetkisen paneelien hintatason mukaisesti, varsinkin jos investointi ei edellytä lainarahoitusta. (Sonsofsolar 2019.) Toki taloudellinen riski on aina olemassa. Investointiratkaisuun sisältyykin aina riski, joka voi olla positiivinenkin. Itse paneeliston ja koko aurinkosähköjärjestelmän ja sen komponenttien vikaantuminen on hyvin vähäistä, joten siihen nähden investoiminen aurinkosähköenergiaan on suhteellisen riskitöntä. (Käpylehto 2016, 93–97.)

Business Finlandissa hyväksyttävän energiatuen saaminen on monissa kunnissa edellytys investoidessa aurinkosähköenergiaan julkisessa rakennuksessa. Tuen hakemisen selvittäminen kannattaa aloittaa varhaisessa vaiheessa Business Finlandin kanssa. Keskimäärin tavanomaisten aurinkosähköjärjestelmä investoinneissa tuen määrä on 20 % edellyttäen myös, että hankkeen investointikustannukset ylittävät 10 000 euroa. Tuen saaminen on varmempaa kunnissa, joissa on liittyytynyt energiasopimuksen piiriin, koska myös tavanomaisen tekniikan energiatehokkuutta edistäviä investointeja voidaan tukea myöntäen.

5.5 Someron kaupunki ja uusiutuva energia

Suunnittelijan ammattitaito ja energia-asiantuntijoiden rooli ovat tärkeässä avain asemassa, kun valitaan rakennuksen energiamuotoa ja energijärjestelmää olemassa olevan rakennuksen korjauksessa ja kehittämisessä. Energiahankintasuunnittelulla pyritään nimenomaan valitsemaan kohteeseen ne energiamuodot, joiden yhdistelmällä saavutetaan optimiratkaisu elinkaarikustannusten ja/tai ympäristövaikutusten suhteen. Energiakustannusten minimoinnin lisäksi voidaan siis tavoitteeksi asettaa muun muassa uusiutuvan lähienergian hyödyntäminen, energiankäytön alhaiset päästöt tai tietyn tasoisen E-luvun saavuttaminen. (RIL 2014, 21.)

Somerolla kulutettiin sähköä 82 000 MWh vuonna 2019. Somero asettui 313 kunnan joukosta sijalle 136 Energiateollisuuden julkaisussa Sähkönkäyttö kunnittain vuonna 2019. Somerolla asuminen & maatalous kuluttivat yhteensä 56 000 MWh, teollisuus 10 000 MWh ja palvelut & rakentaminen yhteensä 15 000 MWh. (Energiateollisuus 2020b.)

Someron kaupungin Tilahallinto on kartoittanut aurinkoenergian mahdollisuuksia kaupungin omistamissa kiinteistöissä. Someron kaupungin energiasuunnitelmaan vuonna 2015 on toimenpiteeksi kirjattu kaupungin rakennusten energiatehokkuuden parantaminen, tavoitteena uusiutuvan energian käytön lisääminen. Toimenpiteinä tulisi selvittää kaupungin mahdollisuudet erilaisten energiamuotojen esimerkiksi aurinkoenergian käytössä. Tämän lisäksi työntekijöiden käyttöön suunnitellaan hankittavaksi sähköpyöriä ja sähköautoja. Energiasuunnitelmaan on kirjattu myös energiatehokkuuden parantamisen huomioiminen korjausrakentamisen yhteydessä. Raportin yksi suunnitelma oli kaupungin nykyisten rakennusten energiatehokkuuskartoitus, joka toteutettiin. Hyvin positiivista on se, että Someron kaupunki ei näe ilmastonmuutosta lisätyötä aiheuttavana ongelmana, vaan mahdollisuutena kehittyä. (Somero 2020c.)

5.6 Someron kaupungintalo

Vuonna 1976 valmistunut Someron kaupungintalo sijaitsee osoitteessa Joensuuntie 20, 31400 Somero. Kiinteistö on kaupungin omistuksessa oleva kaksikerroksinen kellarillinen betonirunkoinen ja betoniperusteinen virastorakennus. Rakennuksen huoneistoala on 2 169 m² ja tilavuus 7 859 m³. Rakennuksen julkisivut on peruskorjattu 2014 ja ilmanvaihtokoneet 1998. Rakennus on liitetty kaukolämpöverkoston ja lämpöenergia

jaetaan vesikeskuslämmitteisesti. Kohteessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto, varustettuna jäähdytyksellä. Rakennuksessa on tasakatto ja vesikatteena on sorastettu bitumikermikate. Katon rakenne: luonnonsorakerros, bitumikermi, 250 mm lämmöneriste (todennäköisesti mineraalivillaeriste) ja 160 mm betonilaatta. Sähkökeskuksen nimellisvirta on 400 A. Rakennuksen kerroksissa molemmissa päissä on ryhmäkeskukset. (Inspecta 2015a, 1–21.)

Salon teollisuuskattojen syyskuussa 2020 toteuttamassa katonkuntoarviossa todetaan kaupungintalon katon olevan huollon tarpeessa ja muun muassa läpiviennit tulisi tiivistää sekä kattosingeli poistaa, jotta havaitaan katon vauriot helpommin. Katonkuntoarvion mukaan kaikki singelikatot tulisi uusia kolmen vuoden aikana. (Salon teollisuuskatot 2020.) Kuvassa 7 on havaittavissa hieman sammaloitunut Someron kaupungintalon katto.



Jari Sarttila 23.09.2020 09:40

Kuva 7. Someron kaupungintalon tasakatto. Vesikatteena on sorastettu bitumikermikate. (Someron teollisuuskatot 2020.)

Bitumikermikaton tekninen käyttöikä on noin 20–40 vuotta. Näin ollen 1980-luvulla tyyppillisesti asennetuissa bitumikermikatoissa on vuonna 2020 tekninen käyttöikä saavutettu. (RT 18-10922, 2008.) Someron kaupungintalon katto vuonna 2021 on 45 vuotta vanha.

5.7 Aurinkosähköjärjestelmä Someron kaupungintalossa

Eri aurinkoenergiajärjestelmämyyjillä on käytössään erilaisia mitoitus- ja simulaatiojärjestelmiä, kuten internetissäkin on tarjolla. Myös auringonsäteilyn määrään on

havainnollistavia järjestelmiä. Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa on perusteltuna pitää lähtökohtana sitä, että tuotosta saataisiin mahdollisimman suuri osa hyödynnettyä omassa kulutuksessa ja näin sähköverkkoon myytävä osa jää mahdollisimman pieneksi. Optimaalinen mitoitus on hankalaa ja näin ollen siihen kannattaakin käyttää ammattiapua. (Motiva 2021f.)

Someron kaupungintalolle on 2013 suoritettu työ ja elinkeinoministeriön tukema energia-katselmushanke, jossa on selvitetty kaupungintalon LVI- ja sähkötekniisten järjestelmien energia- ja vedenkäytön nykytila ja mahdollisuudet pienentää muun muassa kunnantalon sähkön kulutusta ja kustannuksia. Raportissa on todettu rakennuksen käytön kesällä sekä jäähdytyslaitteiston sähkönkulutuksen olevan asioita, jotka nostavat sähkönkulutusta. Kesäkuukausina sähkön kulutus on korkeampi. Jäähdytyksen osuus kokonaissähkön kulutuksesta 2011 mittauksen mukaan oli 9,4 % ja LVI-laitteiden 10,2 %. (Insinööri-toimisto AX-LVI Oy 2013, 6, 10.)

Someron kaupunki on osallistunut myös Valonian/Varsinais-Suomen liiton toteuttamaan ELLE-hankkeeseen, jonka tavoitteena on edistää innovatiivisia energiaratkaisuja tarjoavien yritysten liiketoiminta- ja pilotointimahdollisuuksia Varsinais-Suomessa. Kehittämiskohteina olivat kuntien kiinteistöt. Hankkeen tavoitteena oli tunnistaa energiateknisiä kehittämistarpeita kuntien kiinteistöissä. Hankkeen lopputuloksena kunnalle toimitettiin yhteenvetoraportti kiinteistöjen energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksista. Toteutus aika oli syyskuu 2018–helmikuu 2020. Yhteenvedon on toteuttanut Insinööri-toimisto Seuna / Sami Seuna. (Valonia 2020; Seuna 2020, 1.)

Hankkeen yhteenvetoraportin mukaan jäähdytyskäyttöä on runsaasti kaupungintalon kiinteistössä. Sähkönkulutus on korkeaa ja säännöllistä, perustasoltaan noin 17 kW/kk ja vuodessa 200 MWh. Myös ilmanvaihdon toiminnassa on havaittu energiansäästöpotentiaali. Raportin yhteenvetona kaupungintalolle suositellaan 30 kWp aurinkosähkövoimalaa, jonka takaisimaksuaika olisi raportin mukaan noin 14 vuotta. Takaisinmaksuajanlaskenta on tehty ilman laskentakorkoa, energianhinnanmuutoksia ja ilman energiatuen vaikutusarviota. Raportin mukaan aurinkosähkö mitoitus olisi hyvä tehdä niin, että aurinkosähköä jäisi omaan käyttöön 80–90 % vuositasolla. Kiinteistösähkö ja kesäpäivien aikainen sähköinen ilmanjäähdytys on aurinkosähkölle huomioitavia käyttökohteita. Myös sähköautojen lataus tai sähköinen käyttövesivaraaja voisivat olla potentiaalisia käyttökohteita, varsinkin silloin kun autojen lataus voidaan ohjata toimimaan aikana, jolloin aurinkosähköä on saatavilla. (Seuna 2020, 4–5, 7)

Osoitteessa Joensuuntie 20, 31400 Somero sijaitsevasta Someron kaupungintalon kiinteistöstä on tämän opinnäytetyön materiaaliksi kerätty erilaisia aurinkosähköjärjestelmien mitoituksia. Mitoitusten lähtötiedot ovat vaihdelleet esimerkiksi sen hetkisen vuoden sähkönkulutuksen ja lähtötietojen mukaan. Eri mitoituksissa on mitoittajan toimesta käytetty muun muassa eri säteilymääriä. Mitoituksessa ei voi olla täysin varma, mahtuuko kyseinen arvioitu paneelien määrä kohteeseen, sillä mitoitusta tehtäessä ei lähtökohtaisesti paikalla käyty tai suoritettu tarkkoja mitoituksia katon pinta-alasta.

Salo Solarin asiantuntijan Mauno Oikarisen kanssa 20.1.2021 käydyssä keskustelun perusteella ilmeni, että käytettävissä oleva pinta-ala ja tässä kyseisessä mitoituspaikassa kaupungintalon katon pinta-ala asettaa jo rajoituksia sille, kuinka paljon aurinkosähköä tuottava järjestelmä voidaan asentaa.

Insinööritoimisto Seunan Someron kaupungille antaman raportin mukaan kaupungintalolle suositellaan 30 kWp:n aurinkosähkövoimalaa. Salo Solar on mitoittanut järjestelmän 22.1.2021. Optimaalinen järjestelmä olisi seuraavanlainen:

- 108 paneelia
- järjestelmä 40,5 kWp
- yksi paneeli maksimiteho 375 Wp
- vuosituotanto 33,5 MWh/vuosi. (Salo Solar Oy 2021.)

Sähkötyöt Sami Ruuhonen on toimittanut 17.2.2021 yhteistyökumppaninsa Green Energy Finland Oy:n kanssa tekemän mitoituksen Gef Planter -simulaatio ohjelmalla. Optimaalinen järjestelmä olisi seuraavanlainen:

- 80 paneelia
- pinta-ala 148 m²
- järjestelmä 28,8 kWp
- yksi paneeli maksimiteho 360 Wp.
- Vuosituotanto 24.7 MWh, 856 kWh/kWp.

Kuvassa 8 on tuotantosimulaation paneelisijoittelu Someron kaupungintalon katolle ilmakuvan perusteella. Sijoittelu on arvio ja tarkkoja mitoituksia ei ole suoritettu. Tuotantosimulaation mukaan paneelien tilantarve ja sijoittelu 28,8 kWp järjestelmälle on toteutettu niin, että katolla sijaitsee 80 kpl paneeleita, joiden rivinväli on 1,8 m, kallistuskulma 15 astetta ja suuntaus -2,9 astetta kaakkoon. (Ruuhonen S. 2021.)



Kuva 8. Tuotantosimulaation mukaan paneelien tilantarve ja sijoittelu 28,8 kWp:n järjestelmälle, 80 paneelia (Ruuhonen S. 2021).

Kulutus huomioiden kaupungintalolle Sami Ruuhosen toimesta suositeltiin 50 kWp:n aurinkosähkövoimalaa 95 % omakäyttöasteella. Järjestelmän mitoitus vaatii kuitenkin tarkemman mitoituksen esimerkiksi siitä, mahtuuko paneelimäärä kaupungintalon katolle.

Gef Planter -tuotantomallinnus on kohteeseen tehty 25.9.2019. Optimaalinen järjestelmä olisi seuraavanlainen:

- 92 paneelia
- pinta-ala 150 m²
- järjestelmä 25,3 kWp
- yksi paneeli maksimiteho 275 Wp
- vuosituotanto 21,46 MWh/vuosi, 848 kWh/kWp.

Kuvassa 9 on tuotantosimulaation paneelisijoittelu Someron kaupungintalon katolle ilmakuvan perusteella. Sijoittelu on arvio ja tarkkoja mitoituksia ei ole suoritettu. Tuotantosimulaation mukaan paneelien tilantarve ja sijoittelu 25,3 kWp:n järjestelmälle on toteutettu niin, että katolla sijaitsee 92 kpl paneeleita, joiden rivinväli on 1,65 m, kallistuskulma 13 astetta ja suuntaus -23,5 astetta kaakko. (GEF Planter 2019.)

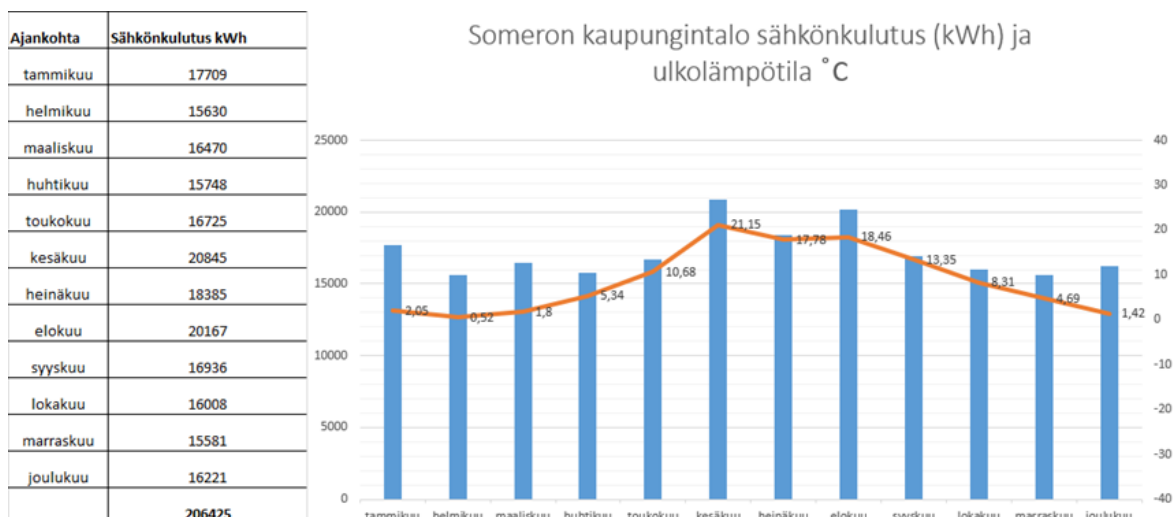


Kuva 9. Tuotantosimulaation mukaan paneelien tilantarve ja sijoittelu 25,3 kWp:n järjestelmälle, 92 paneelia (GEF Planter 2019).

Pyydetyt mitoitukset vaihtelevat sen mukaan mitä lähtötietoja mitoittaja haluaa esimerkiksi tuntitasolla sähkönkulutuksen, vai kuukausitasolla ja mikä osuus on huomioitu katon pinta-alasta. Someron kaupungintalon katolla on kattoikkunoita ja erilaisia läpivientejä, jotka vaikuttavat aurinkopaneelien sijoitteluun. Mitoitukseen eroavaisuutta syntyy myös siitä, käykö mitoittaja kohteessa, mitä auringonsäteilyn määrää ja paneelin tehoa kukin mitoittaja laskelmissaan käyttää.

5.8 Sähkön kulutus ja hinta kaupungintalossa

Vuonna 2020 Someron kaupungintalon sähkönkulutus oli 206 425 kWh. Someron kaupungin Carunan sähkönsiirtoarvion mukaan vuosikäyttö on talvipäivinä 52 000 kWh ja muuna aikana 154 000 kWh. Kuvan 10 taulukossa on esitetty vuoden 2020 Someron kaupungintalon sähkönkulutus kuukausittain. Keskimääräinen kuukauden sähkönkulutus on 17,2 MWh/kk. Aurinkoenergialle otollisina kuukausina maaliskuu-lokakuussa sähkönkulutus yhteensä keskimäärin 17,7 MWh/kk. Sähkönkulutuksen voidaan todeta olevan hyvin tasaista kuukausittain. Jonkin verran kulutus nousee kesäkuukausina kesä-elo-kuussa keskimäärin kulutuksen ollessa 19,8 MWh/kk. Kesäkuukausien sähkön kulutuksessa on havaittavissa lämpötilan nousu ja sen vaikutus sähkön kulutukseen nousevasti, kiinteistön viilennyksen takia. Varsinkin kesäkuussa, kun ulkolämpötila nousee 20 asteen tuntumaan, voidaan havaita sähkönkulutuksen kasvavan.

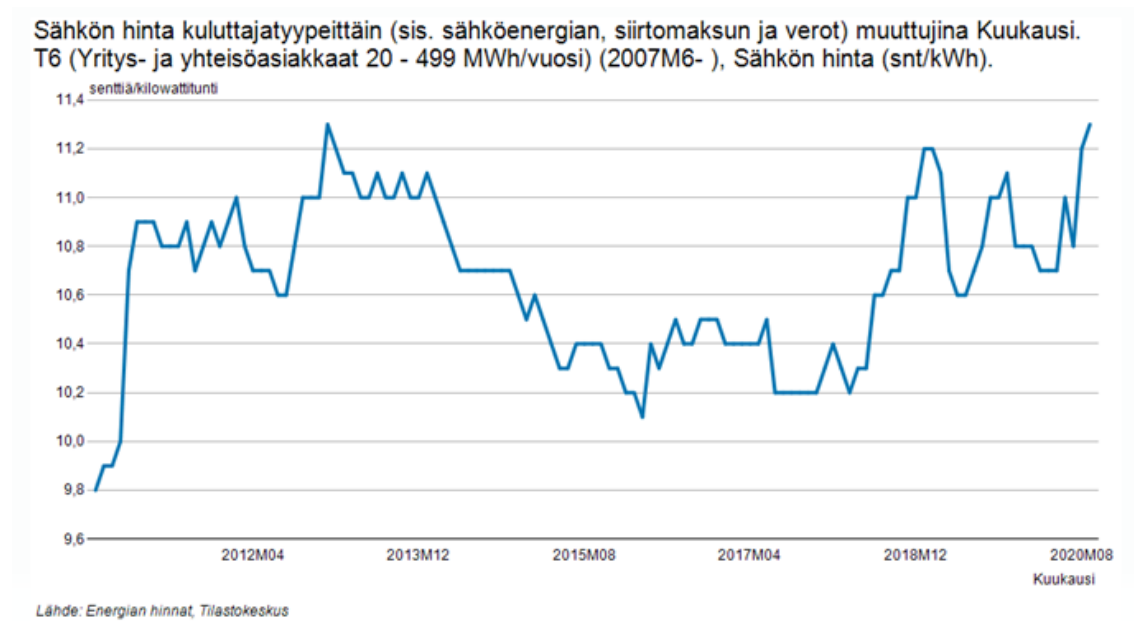


Kuva 10. Someron kaupungintalon sähkönkulutus kWh/kk ja ulkolämpötila vuonna 2020 (Caruna 2021).

Caruna Oy toimii sähkösiirtoyhtiönä Etelä-Suomessa Somerolla. Sähkölaskun yhteydessä laskutetaan sähkövero. Kaupungintalon siirtohintaa veroluokka 1 mukaan 2,253 c/kWh (alv 0 %). Perusmaksu määräytyy teollisuuden verkkotuotteiden mukaan ja käytetään tehosiirto 1 tai tehosiirto 2 hinnoittelua. Someron kaupungintalon sähkösovimuksessa käytössä tehosiirto 2 PJ (0,4 kV toimitus) perusmaksu 52,20 euroa/kk (alv 0 %). Päiväsiirto talvihintana on 2,86 c/kWh (alv 0 %), muuna aikana 1,84 c/kWh (alv 0 %). Tämän lisäksi sähkösiirtoon vaikuttaa Tehomaksu 5,36 euroa/kWh (alv 0 %). Someron kaupungin osalta tehomaksu kerrotaan 40 kW:lla kuukaudessa. Loistetehomaksu on 6,89 euroa/kWh (alv 0 %). (Caruna 2019.)

Someron kaupungintalon sähkönmyyntisopimus hinta on 4,025 c/kWh (alv 0 %). Perusmaksu 3 euroa/kk (alv 0 %). Someron kaupungin sähkön hinta yhteensä on noin 10 c/kWh (alv 0 %) eli 12,4 c/kWh sisältäen alv 24 %. Mikäli Someron kaupungintalolla tuotettua ylimääräistä aurinkosähköä tulisi myydä tämänhetkisen sähkösovimuksensa perusteella, olisi korvaus pohjoismaisen sähköpörssin mukainen. Tämän lisäksi sähköyhtiöt saattavat periä perusmaksua 2,90 euroa/kk sekä käsittelykuluja 0,12 c/kWh (hinnat sis. alv 24 %). Mikäli asiakkaalla on sähkönmyyntisopimus palvelutuottajan kanssa, ei pientuotantosopimuksesta veloiteta perusmaksua tai käsittelykuluja. (Oomi 2021a.) Toinen vaihtoehto on virtuaaliakusopimus, jossa virtuaaliakulla varastoit aurinkosähköjärjestelmän ylijäämätuotannon käyttöön myöhemmin. Hyvitys on sähkölaskulla 14 c/kWh (sis. alv. 24 %) jokaiselta virtuaaliakusta käyttöönotetulta kilowattitunnilta. Tämän lisäksi virtuaaliakussa on kiinteä kuukausimaksu, joka vaihtelee 5–15 euroon/kk. (Oomi 2021b.)

Vuonna 2019 sähkön hinnat nousivat yritys- ja yhteisöasiakkailla 2–11 prosenttia vuodesta 2018 (Tilastokeskus 2019). Tilastokeskuksen julkaisun mukaan vuonna 2020 yritysasiakkaiden sähkön hintakehitys oli epäyhtenäinen (Tilastokeskus 2020a). Kuvasta 11 voidaan havaita sähkön hinnan vaihtelua yritys ja yhteisöasiakkailla, joiden keskimuutuuksia 20–499 MWh/vuosi. Sähkön hinta sisältää sähköenergian, siirtomaksun ja verot. Hinta on vaihdellut edullisimmillaan se ollut 9,79 c/kWh ja kalleimmillaan 11,28 c/kWh vuonna 2020. Sähkön hintakehitystä on mahdotonta ennustaa täysin varmuudella, mutta kuten kuvastakin voidaan havaita, ei yrityssojimuusten osalta hinta olisi laskemassa vaan hinnan kehitys on ollut nouseva selvästi vuodesta 2018 eteenpäin.



Kuva 11. Sähkön hinta yritys- ja yhteisöasiakkaat 20–499 MWh/vuosi välillä 2010–2020 (Tilastokeskus 2021).

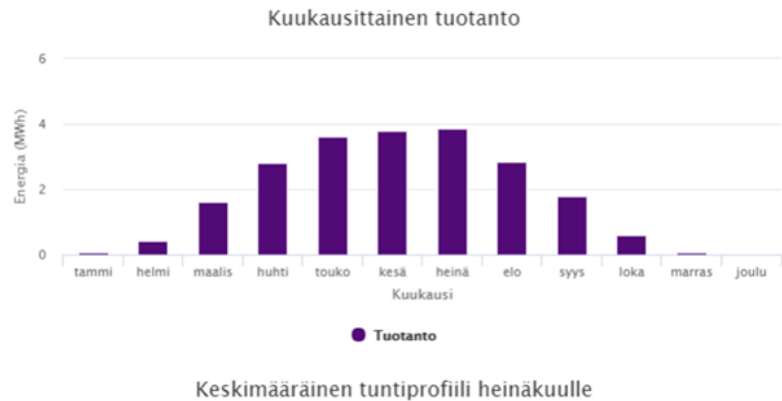
5.9 Tuotannon ja sähkön kulutuksen vertailu

Aurinkosähkön keskimääräisen tuotannon ja kaupungintalon sähkön kulutuksen vertailu antaa kuvan aurinkosähköjärjestelmän mitoituksesta. Tarkasteluun valittiin Gef Planter 2019 -tuotantosimulaatio, ja sitä verrattiin vuoden 2020 sähkön kulutukseen.

Kuvasta 12 voidaan havaita, miten 25,3 kWh:n aurinkovoimalatuotanto jakautuisi simulaation mukaan eri kuukausille, vuosituotannon ollessa yhteensä 21 460 kWh (GEF Planter 2019). Tuotanto simulaatiossa on käytetty aurinkoenergian määränä 848 kWh/m², joka on hyvinkin optimaalinen arvio. Vuoden aikana tuotanto jakautuisi simulaation

mukaan niin, että maaliskuu-lokakuussa olisi tuotanto yhteensä 20 910 kWh eli lähes koko vuoden tuotannon määrä. Kuvan 5 pylväsdiagrammista voidaan havaita, että keskimääräinen tuotanto on keskittynyt maaliskuu-, huhti-, touko-, kesä-, heinä-, elokuu- ja syyskuulle. Tyypillisesti aurinkosähkövoimaloiden mitoituksessa otetaan kuitenkin huomioon myös vähemmän tuottava lokakuu.

Kuukausi	Tuotanto (MWh)
tammikuu	0.06
helmikuu	0.41
maaliskuu	1.62
huhtikuu	2.82
toukokuu	3.60
kesäkuu	3.78
heinäkuu	3.84
elokuu	2.86
syyskuu	1.78
lokakuu	0.61
marraskuu	0.07
joulukuu	0.01
yhteensä	21.46



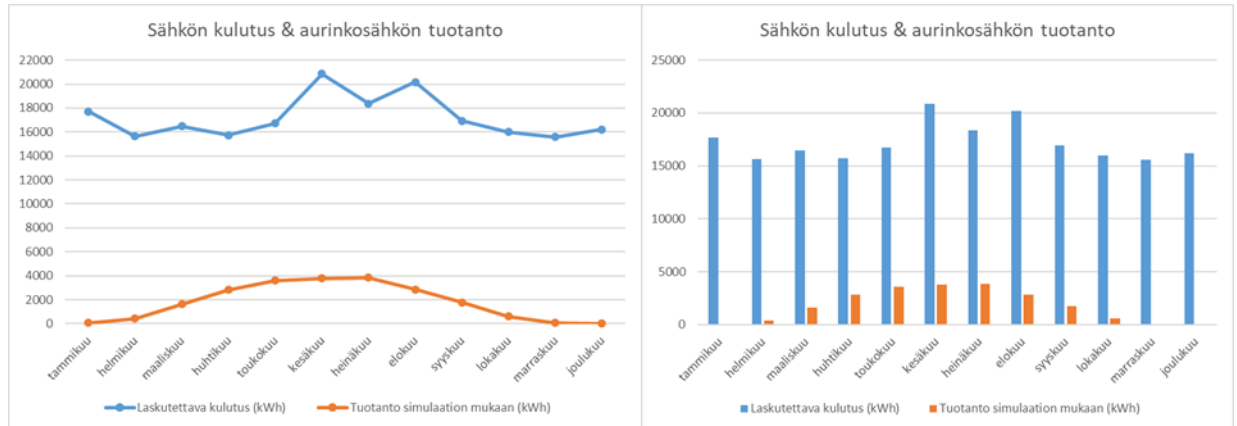
Kuva 12. Optimaalisen aurinkosähköjärjestelmän vuosituotanto ja sen jakautuminen kuukausitasolla (GEF Planter 2019).

Sähkön pohjakulutuksella tarkoitetaan sitä energiamäärää, joka kohteessa kuluu jokaisena tuntina. Tarkemmin voidaan vielä tutkia niitä kuukausi, joina aurinkosähköä voidaan tuottaa. (Motiva 2021f.) Someron kaupungintalon vuoden 2020 tuntikulutusta tarkastellessa voidaan havaita, että vain aivan poikkeus tapauksessa tunnin pohjakuorma laskee alle 15 kWh. Havaintojen perusteella voidaan pohjakuormana pitää 15 kWh/tunti. Vuorokauden keskimääräinen pohjakuorma olisi tällöin 360 kWh ja kuukauden 10 800 kWh. Vuoden pohjakuorma olisi 129 600 kWh eli 129,6 MWh, vuosikulutuksen ollessa 206 425 kWh.

Sähkönkulutus kaupungintalolla on keskimäärin 17 202 kWh kuukaudessa ja maaliskuu-lokakuussa keskimäärin 17 660 kWh kuukaudessa. Keskimääräinen sähkönkulutus näin ollen vuorokaudessa 570 kWh. Tuotantosimulaation mukaan 25,3 kWh:n aurinkosähköjärjestelmä tuottaa keskimäärin 1 788 kWh/kk ja maaliskuu-lokakuussa 2 614 kWh/kk.

Aurinkosähkön tuotannossa 25,3 kWh:n järjestelmällä ei siis päästä lähellekään Someron kaupungintalon kuukausittaisesta sähkönkulutuksesta tai arvioitua pohjakuormaa. Alla olevasta kuvasta 13 voidaan havaita tosiasia, kuinka kaukana kokonaiskulutuksesta mahdollinen auringonsähkön tuotto on. Arvion mukainen aurinkoenergian vuosituotanto 21 460 kWh on kaupungintalon vuoden 2020 sähkön kulutuksesta 206 425 kWh eli noin 10

% osuus. Vertailuna voidaan arvioida, että lähes kaksikertaisella 50 kWh:n järjestelmällä voitaisiin tuottaa 42 500 kWh, jonka sähköntuotanto olisi siis noin 20 %:n osuus kokonaisähkön kulutuksesta.



Kuva 13. Sähkön kulutus Someron kaupungintalo 2020 verrattuna 25,3 kWh:n järjestelmän tuotantosimulaation aurinkosähkön tuotantoon.

5.10 Kannattavuustarkastelu

Aurinkosähkijärjestelmän hankinnan kannattavuuteen vaikuttaa moni asia. Kannattavuuteen vaikuttaa selvimmin mitoitus ja hinta, kohteen sähkönhinta ja auringon säteily määrä sekä asennukseen käytettävä pinta-ala. (Motiva 2021i.) Taulukossa 3 on esitetty esimerkkinä mitoitusteholtaan 30 kWh:n järjestelmän kannattavuuslaskelma Someron kaupungintalon sähkönkulutus huomioiden. Laskelman arvot ovat alv 0 %. Aurinkoenergian saantimahdollisuutena on tässä kyseisessä laskelmassa käytetty 850 kilowattituntia. Järjestelmän investointikustannuksissa on käytetty arvoa 1,05 euroa/W (alv 0 %). Järjestelmän koon kasvaessa hinta/W voi myös laskea. Ylijäämänsähkön hinta riippuu paljon sähkön myyjän maksamasta hinnasta. Tähän laskelmaan ei varsinaisesti myydyn sähkön hintaa huomioida, koska pyritään 100 % saamaan aurinkosähkö omaan käyttöön ja näin ollen myytävää sähköä ei jäisi. Vasemmalla olevan taulukon laskelman mukaan koroton takaisinmaksuaika olisi 12 vuotta. Keskimmäisen taulukon laskelmassa on otettu huomioon mahdollinen investointituki 20 %, jolloin kustannusten laskiessa koroton takaisin maksuaika olisi 10 vuotta. Oikean reunan taulukossa on otettu huomioon mahdollinen investointituki 20 % ja invertterin vaihdon kustannukset, arviolta 10 % investointikustannuksista. Takaisinmaksuaika olisi tällöin 11 vuotta.

Taulukko 3. Kannattavuuslaskelma 30 kWh:n järjestelmälle, Someron kaupungintalo.

Vuotuinen sähkönkulutus (kWh)	206425	206425	206425
Sähkön hinta sisältää energia + siirto + verot (c/kWh)	10	10	10
Sähkön myyjän aurinkoenergian ylijäämästä maksama hinta (c/kWh)	2	2	2
Järjestelmän mitoitusteho (W)	30 000	30 000	30 000
Aurinkosähkön vuotuinen tuotanto	25500	25500	25500
Aurinkosähkön tuotanto omaan käyttöön % tuotannosta	100 %	100 %	100 %
Vuotuinen sähkölasku ilman aurinkosähköä (€)	20696	20696	20696
Vuotuinen säästö aurinkosähköjärjestelmän ansioista (€)	2557	2557	2557
Järjestelmän investointikustannus asennettuna 1,05 €/W alv 0 %	31500	31500	31500
Järjestelmän investointikustannus 20 % tuella		25200	25200
Invertterin vaihto 10 % investointikustannuksista			3150
Koroton takaisinmaksuaika, vuotta	12	10	11
LCOE	6,18	4,94	5,56

Investointikustannuksiltaan 31 500 euroa (alv 0 %) maksavan 30 kWh:n aurinkosähköjärjestelmän yksinkertaistetulla LCOE kannattavuuslaskennalla sähkön hinnaksi muodostuu 6,18 c/kWh. Laskelmassa on oletettu käyttöäksi 20 vuotta, tuotto 25 500 kWh/vuosi, invertterin uusinta kustannukseksi 10 % alkuinvestointikustannuksista ja muita vuosittaisia kustannuksia ei ole huomioitu. Laskelmassa ei ole otettu huomioon myöskään mahdollista energiatuen osuutta. LCOE laskennalla sähkön hinnaksi saadaan 4,94 c/kWh, jos energiatuki huomioidaan. Mikäli vielä huomioidaan invertterin vaihto saadaan LCOE laskennalla sähkön hinnaksi 5,56 c/kWh. Ostosähkön hinta Someron kaupungintalolla on noin 10 c/kWh, joten aurinkosähköinvestoinnilla tuotettu sähkö jää alle ostosähkön hinnan. Mikäli kaikki tuotettu sähkö voitaisiin käyttää itse ja korvata ostosähköä, voitaisiin näiden arvojen perusteella todeta, että aurinkosähköjärjestelmä olisi kannattava.

Aurinkosähköenergiainvestoinnin kannattavuutta voidaan tarkastella myös laskemalla nettonykyarvo. Kun nettonykyarvo on positiivinen, voidaan investointia pitää kannattavana. Laskentaan on käytetty Motivan verkkosivuillaan julkaisemaa laskentaohjelmaa. Investoinnin kustannuksiin on laskettu myös mukaan kertaluontoisena kustannuksena invertterin vaihto, jonka on arvioitu olevan 10 % luokkaa kokonaisinvestointi kustannuksen määrästä 31 500 euroa (alv 0 %). Tämän lisäksi on huomioitu vuosittaisia huolto- ja korjauskustannuksia 100 euroa. Energian säästö on edellisten laskenta esimerkkien mukaan 25 500 kWh ja sähkön yksikkö hinta 10 c/kWh. On hyvä huomioida, että laskelmassa ei ole huomioitu sähkön hinnan mahdollista nousua. Tarkastelu aikana on pidetty

20 vuotta. Investoinnin nettonykyarvo on nolla, kun sisäinen korkokanta on 3,88 %. Takaisinmaksuaika on lähes 13 vuotta. Mikäli sähkön hinnan nousulle asetetaan 2 %/vuosi ennuste, vaikka toki sähkön hinnan nousua ei voida ennustaa varmasti, nousee sisäinen korkokanta 6,18 %. Korkoa voidaan pitää investoinnin tuottoosenttina. (Motiva 2020j.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Kestävän kehityksen kannalta on maailmassa ja Suomessa tehtävä toimia kohti kestävää energiataloutta. Jos ei yksin Suomessa tai Somerolla, mutta koko maailmassa käytetään luonnonvaraiset polttoainevarastomme loppuun. Hyvin todennäköistä on, että uusiutumattomien energiavarojen hiipuesssa, sähkön hintakin tulee nousemaan. Miten paljon sähkönhinta nousee ja millä ajanjaksolla on mahdotonta ennustaa varmaksi.

Auringon paisteen ja ilmastomuutoksen yhteisvaikutuksesta auringonsäteilyä ja lämpöä riittää. Paistavasta auringonsäteilystä voidaan tuottaa uusiutuvaa aurinkosähköä. Auringon paistaessa ei ehkä tulevaisuudessa lämmitykseen tarvita enää niin paljon energiaa. Sähköä tullaan tällöin ehkä tarvitsemaan viilennykseen kuumina kesäjaksoina varsinkin toimistorakennuksissa. Saattaa olla, että myös ilmastomuutos, tulevaisuuden innovatiiviset ratkaisut ja etätyöskentelyn yleistyminen tulevat kiihdyttämään muun muassa sähköautojen ja sähköpyörien hankintaa. Nähtäväksi jää kuinka tarvittuja sähkölatauspisteet ovat jo esimerkiksi viiden vuoden syklillä.

Pienin askelin tulisi jokaisen pyrkiä kohti elinympäristömme parannustyötä. Jokaisen tulisi tehdä määrätietoisesti myönteisiä toimenpiteitä. Someron kaupungilta löytyy myönteistä suhtautumista aurinkoenergian tuotantoon, sähköpyöriin ja -autoiluun. Panostamalla muun muassa edellä lueteltuihin esimerkkeihin kunta voi edistää uusiutuvan energian käyttöä.

Aurinkosähköjärjestelmän hankintaa pohdittaessa tulisi julkisessa rakennuksessa energiatalouden parantamiseen kohdistuvat toimet ottaa huomioon. Lähtötietojen pohjaksi olisi hyvä huomioida se, että nimenomaan Someron kaupungintalon katto on uudistamistarpeessa lähivuosina. Kaupungintalon kattoremontin yhteydessä olisi mahdollista ottaa huomioon myös kohteen aurinkosähköenergian hyödyntämispotentiaali. Paneelit tulee lähtökohtaisesti aina asentaa kunnossa olevalla katolle ja paneelien asennus olisi hyvä suorittaa Someron kaupungintalon kattoremontin yhteydessä.

Aurinkosähköjärjestelmän paneelien asennus on mahdollisesti kustannustehokkainta järjestää katon remontin yhteyteen. Kustannussäästöjä voisi syntyä esimerkiksi mahdollisten nostimien vuokrissa sekä paneelien ja katolla olevan singelin siivouksesta ja asennuksessa. Katon peruskorjauksen yhteydessä on aurinkosähkötoimittajalta ja katon

korjausurakan suorittavalta urakoitsijalta varmistettava, ettei aurinkosähköjärjestelmän asennus vaurioita kattoa tai vaikuta katon takuuajkaan.

Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus on hankalaa ja useimmiten lopullinen mitoitus on syytä jättää aurinkosähköalan ammattilaisten tehtäväksi. Mitoitukseen on tarjolla erilaisia mitoituskeinoja, mutta kaikki mitoituksetkin perustuvat jonkinlaiseen arvioon siitä, miten paljon aurinkoenergiasta voitaisiin saada sähköä erilaisin komponentein ja erilaisissa olosuhteissa. Mitään absoluuttista totuutta ei ole aurinkoenergian määrästä, joten ei mitoituksen perusteella tehdyt laskelmatkaan saadusta sähkön määrästä ole kuin arvioita. Huolimatta järjestelmän oikeasta mitoituksesta joka tapauksessa itse tuotetulla aurinkosähköllä pystytään pienentämään sähkölaskua ja olemaan mukana edistämässä energiatehokkuutta. Someron kaupungin olisi aurinkosähköön panostamisen lisäksi hyvä varmistaa, että kulutukseen käytetään muutenkin uusiutuvaa sähköä.

Mitoituksessa on järkevää huomioida esimerkiksi aurinkosähköä hyvin tuottavien kesäkuukausien kulutushuiput ja mitoittaa järjestelmä kattamaan mahdollisimman hyvin nämä huiput. Aurinkosähköjärjestelmät ovatkin kannattavia kiinteistöissä, jossa kesäaikana kuluu runsaasti sähköä muun muassa viilennykseen. Mitoituksessa on hyvä huomioida sähkön pohjakuorma joka kuukaudelle ja mitoitus voidaan tehdä kattamaan pohjakuorma. Aurinkosähköjärjestelmä voidaan myös ylimitoittaa, jos sähköä voisi kustantehokkaasti varastoida tai haluttaisiin myydä tuotettua sähköä verkkoon, mutta varastointi ei ole vielä kovin kannattavaa eikä sähkön myyminen verkkoonkaan ole kannattavaa sähköstä saadun huonon korvauksen vuoksi. Mitoituksessa huomioitavaa on se, että aurinkosähkö on taloudellisesti kannattava investointi silloin, kun aurinkoenergia tuotetaan omaan käyttöön ja sillä korvataan kalliimpaa ostoenergiaa.

Tietysti mitoituksessa vaikuttavana tekijänä on myös järjestelmän hinta, mutta sen huomioiminen onnistuu vasta sen jälkeen, kun itse päätös järjestelmän koosta on tehty. Hinta on yleensä riippuvainen järjestelmän koosta niin, että isompien järjestelmien hinta on alhaisempi kuin pienempien. Yli 10 kW:n järjestelmien osalta hinnat vaihtelevat 1,05–1,35 euroa/kWh (alv 0 %).

Sijoiuskohteen pinta-ala on mitoitukseen vaikuttava tekijä: kuinka paljon paneeleita katonlelle mahtuu ja näin ollen kuinka paljon keräinkapasiteetti on käytettävissä? Myös paneelin tuottama teho vaikuttaa mitoitukseen, eli mitä tehokkaampi paneeli, sitä enemmän se tuottaa tehoa pienemmällä pinta-alalla.

Vaikkei aurinkosähköjärjestelmän hankinnassa mitoitus vastaisi aivan täysin kohteen tarvetta, on hyvä muistaa, että aurinkosähköön investoimalla tuotetaan uusiutuvaa energiaa. Someron kaupunki ja kaupungintalo olisi aurinkosähköenergiaan investoimalla osittain omavarainen lähien energian tuottaja. Kunnat on valtionneuvoston toimesta velvoitettu toimimaan esimerkkinä energiatehokkuuden edistämiseksi ja julkisissa hankinnoissa ottamaan energiatehokkuus yhdeksi tärkeäksi kriteeriksi. Huomioon tulisi siis myös ottaa valtioneuvoston velvoitteet ja imagollinen näkökulma.

Someron kaupunki on toteuttanut toimia selvittääkseen uusiutuvan energian potentiaalia. Kaupungintalolle on jo ennen tätä opinnäytetyötä tehty selvitys energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksista, jossa suositellaan 30 kWh:n aurinkosähkövoimalaa. Tämä työ ei esittänyt mitään ristiriitaa sille, etteikö tämä selvitys pitäisi paikkaansa. Someron kaupunki tulisi hyötymään aurinkosähköjärjestelmästä, niin että esimerkiksi 25,3 kWh:n järjestelmällä voitaisiin tuottaa jo noin 10 % osuus kohteen korkeasta kokonaissähkön kulutuksesta. Someron kaupungintalon pohjakuorma on noin 15 kWh/tunti, 10 800 kWh/kk ja 129,6 MWh vuodessa. Kesäkuukausina 25,3 kWh:n aurinkosähköjärjestelmä voisi optimaalisissa olosuhteissa tuottaa 2 800–3 800 kWh/kk ja 21 460 kWh vuodessa. Pohjakuormamitoitusta tarkastellen ei 25,3 kWh:n järjestelmä ole missään tapauksessa ylimitoitettu ja voisi olla jopa suurempi.

Aurinkosähköjärjestelmällä ei ole tarkoitus kattaa koko kiinteistön sähkötarvetta, eikä sillä tosiasiallisesti sitä voikaan tehdä. Aurinkosähköjärjestelmän tarkoitus on pääsääntöisesti aina toimia pääsähkönlähteen rinnalla lisäenergialähteenä. Kesäaikaan päästään varmasti korkeaan oman käytön asteeseen jo 25,3 kWh:n järjestelmällä, sillä kesäaikaisen kiinteistön jäähdätyksen kulutushuippu noin 4 000 kWh osuu hyvin yksin aurinkosähkön tuottohuipun kanssa. Kooltaan 25–30 kWh:n aurinkosähköjärjestelmän vuosittainen sähköntuotto on noin 10 %:n osuus vuoden kaupungintalon kokonaissähkön kulutuksen 206 425 kWh:n määrästä. Vaikka 10 %:n osuus vaikuttaa vähäiseltä määrältä, on se samoissa mitoissa kuin kesäkuukausien jäähdätyksen mitattu sähkönkulutuksen osuus 9,4 % kokonaissähkönkulutuksesta ja kuitenkin investointina iso harppaus kohti uusiutuvia energiamuotoja.

Opinnäytetyössä osoitettujen laskelmien mukaan Someron kaupungintalolle asennettava esimerkiksi 30 kW järjestelmä maksaa ilman investointitukeakin itsensä takaisin alle 15 vuodessa. Investointituen kanssa laskelmien mukaan voi olla mahdollista päästä jopa 11 vuoden takaisinmaksuajaksi. Kaupungintalon sähkön hinnan ollessa 0,10 euroa/kWh. Missään takaisinmaksuajan laskelmissa ei otettu huomioon mahdollista

sähkön hinnan nousua, joka vaikuttaisi takaisinmaksuajan laskentaan positiivisesti. Sähkön hinnan kehityksellä on erityisen merkittävä asema ja tulevaisuus on arvailujen varassa. Yleisesti oikein mitoitettua aurinkosähköjärjestelmää voidaan pitää taloudellisesti kannattavana, jos se todella maksaa takaisin itsensä noin 15 vuoden aikana. Takaisinmaksuajan osalta on myös hyvä huomioida laitteen käyttöikä, joka selkeästi alittuu, aurinkosähkön elinkaaren ollessa luvattuihin takuuajoihinkin perustuen jopa yli 25 vuotta.

Mikäli kyseessä olisi mittavampi aurinkosähköenergiahanke, olisi kannattavaa tarkemmin pohtia erilaisia rahoitusmalleja ja investointivaihtoehtoja. Lainan ottaminen investointiin on lähtökohtaisesti kannattavaa silloin, kun investoinnin tuotto prosentti on suurempi kuin lainan korkokulut. Tässä työssä tarkasteltiin 31 500 euron (alv 0 %) aurinkosähköjärjestelmää. Esimerkki laskelmat osoittivat että 30 kWh:n kokoisen järjestelmän sisäinen korko eli vuotuinen tuotto voisi olla jopa 3 % luokka, joka voisi olla ihan hyvä tavoite vuosituotolle. Näin ollen lainarahoitustakin voisi tämänhetkisinä korkokuluilla harkita. Investoinnin tuotto prosentti ei yllä osakemarkkinoilta yleensä odotettaviin tuotto prosentteihin 6–8 % prosenttiin asti, mutta on hyvä muistaa, että joka tapauksessa oma sähköntuotanto turvaa taloutta nousevia sähkön, sähköveron ja sähkön siirtohintojakin vastaan.

Kunnan ammattilaisilta edellytetään monialaista osaamista energiatehokkuuteen tähtäävien monimutkaisten hankintaprosessien läpiviemiseksi. Yleisesti on kuntatasolla havaittavissa, että kestävään kehitykseenkin tähtäävien hankintoja harmillisesti rajoittava ja hidastava tekijä saattaa olla kaupungin ammattilaisten ajalliset resurssit hankintojen läpivientiin ja organisointiin, sekä päätöksentekoon. Voisiko tämä työ voi toimia Someron kaupungin aurinkosähköjärjestelmä hankinnassa eräänlaisena investointiehdotuksena aurinkosähköenergian hankinnasta kaupungintalolle?

Aurinkosähköjärjestelmän etenemisestä kunnissa toimintamallin mukaisesti investointiehdotuksen jälkeen tulee ottaa yhteyttä Työ- ja elinkeinoverastoon ja selvittää investointituen saamisen mahdollisuudet ja tuen suuruus. Lopulta tehtäväksi jää tehdä päätös teknisiin mitoitussehtoihin vaikuttavista rajoista, kuten järjestelmän koosta, takaisinmaksuajan pituudesta ja budjetista kustannusarvion pohjaksi. Mikäli tarjouspyyntö perustaa investoinnin taloudelliseen tuottoon tai aurinkoenergian tuotantohintaan eikä itse järjestelmän hintaan, voi hyvin teknisten yksityiskohtien, kuten tekniikan ja koko järjestelmän koon määrittämisen jättää aurinkoenergiajärjestelmää tarjoavalla ammattilaiselle. Yli 20 kW:n aurinkosähköjärjestelmän hankinnassa on toimintamallin mukaan hyvä harkita

tarjouskilpailun teettämistä aurinkoenergiasuunnittelijalla. Vastaanotettujen ja vertailtujen tarjousten ja mitoitusvaihtoehtojen jälkeen tulisi tehdä päätös ja määrittää rahoitusmalli.

Aurinkoenergia on suhteellisen uutta teknologiaa suomalaisessa ja somerolaisessa rakentamisessa sekä kunnissa yleensäkin ja siksi sen riskit koetaan suuremmiksi kuin mitä ne todellisuudessa ovat. Kunnissa investoinnit tehdään kuntalaisilta kerätyillä varoilla ja varat halutaan käyttää vastuullisesti vähäriskisiin kohteisiin. Aurinkoenergiaan koetaan useimmiten liittyvän epävarmuustekijöitä, jotka nostavat riskin tunnetta ja vähentävät investointihalukkuutta. Alkuinvestointi maksaa, mutta tulevaisuuden käyttö ja kulutus eivät niinkään. Aurinkoenergia on ilmaista energiaa, joka pitäisi pystyä valjastamaan käyttöömmme. Aurinkoenergiaan investoinnin näen kunnassa rohkeana ja energisenä suuntana kohti kestäväää kehitystä ja tulevaisuutta, omavaraisuutta ja itsenäisyyttä. Someron kaupunki voi olla suunnannäyttjä kuntalaisilleen investoimalla aurinkoenergiaan ja näin panostamalla tulevaisuuteen.

Someron kaupunki on selvittänyt liittymistä KETSin eli energiatehokkuussopimuksen piiriin. Sopimus voisi tuoda joitakin työkaluja energiatehokkuuden parantamiseksi, uusia toimintatapoja sekä parempia mahdollisuuksia energiatukien saamiseksi vastaavien hankkeiden kohdalla.

LÄHTEET

Ala-Myllymäki, E. 2016. Aurinkodemo. Merinova Ab. Viitattu 1.2.2021 https://www.merinova.fi/wp-content/uploads/2016/09/aurinkodemo_loppuraportti.pdf

Auvinen, K; Lovio, R.; Jalas, M.; Juntunen, J.; Liuksiala, L.; Nissilä, H. & Müller, J. Finsolar: Aurinkoenergia markkinat kasvuun Suomessa. Aalto-yliopiston julkaisusarja. Kauppa + talous 1/2016. Aalto-yliopisto Kauppakorkeakoulu Johtamisen laitos. Helsinki: Unigrafia Oy. Saatavissa: <https://core.ac.uk/download/pdf/301132022.pdf>

Brown, L. 2017. Suuri energiamurros. Hyviä uutisia energiataloudesta ilmastonmuutoksen aikakautena. Helsinki: Into Kustannus.

Business Finland 2021. Energiatuki. Viitattu 20.1.2021 <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki>

Caruna 2019. Verkkopalveluhinnasto. Caruna Oy 1.11.2019. Viitattu 15.2.2021 https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/verkkopalveluhinnasto_caruna_oy_1.11.2019_2021.pdf?4wiEm4mkjiuPFBxyY3DCbtEYyFcvHuMn

Energiamailma 2021a. Tulevaisuuden energia. Viitattu 25.1.2021 <https://energiamaailma.fi/mista-virtaa/uusiutuvat-energiالاhteet/tulevaisuuden-energia/>

Energiamailma 2021b. Auringosta enemmän ja meren voima talteen. Viitattu 25.1.2021 <https://energiamaailma.fi/mista-virtaa/uusiutuvat-energiالاhteet/tulevaisuuden-energia/aurinko-ja-aaltoenergia/>

Energiatehokkuussopimukset 2021. Liity vastuullisten energiakäyttäjien joukkoon – Valtion tukea liittyneille. Viitattu 27.1.2021 <https://energiatehokkuussopimukset2017-2025.fi/liity-sopimukseen/#miten-hyodyt>

Energiateollisuus 2020a. Vastuullinen tulevaisuus -energia, ympäristö, yhteiskunta. Viitattu 25.1.2021 <https://www.slideshare.net/energiateollisuus/vastuullinen-tulevaisuus-energia-ymparist-yhteiskunta>

Energiateollisuus 2020b. Sähkökäyttö kunnittain. Viitattu 1.2.2021 https://energia.fi/uutishuone/materiaalipankki/sahkonkaytto_kunnittain_2007-2019.html#material-view

Erat, B. 1994. Ekologia, ihminen, ympäristö. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Finsolar 2020. Aurinkosähköjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. Viitattu 18.11.2020 <https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus/>

GEF Planter 2019. Tuotantomallinnus. Simulaatio tehty 25.9.2019.

Insinööritoimisto AX-LVI Oy, 2013. Energiakatselmusraportti kiinteistön energiakatselmus. Someron Kaupungintalo Joensuuntie 20.

Insinööritoimisto Seuna / Sami Seuna 2020. Valoni – Varsinais-Suomen kestävän kehityksen ja energia-asioiden palvelukeskus. Kiinteistöjen energiatehokkuuden parantaminen Somero. Yhteenveto Someron kaupungin vuosina 2017–2019 aikana kevytkatselmoidun 4 kohteen säästötoimista.

Inspecta 2015a. Kuntoarvioraportti. Kaupungintalo, Joensuuntie 20, 31400 Somero.

Inspecta 2015b. Laajennettu energiataloudellinen selvitys, Joensuuntie 20, 31400 Somero.

Käpylehto, J. 2016. Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen. Helsinki: Into Kustannus Oy.

Linnanen, L. 2015. Energia kytkeytyy kaikkeen. Teoksessa Maamme energia. Into Kustannus. Helsinki, s. 105.

Motiva 2018. Toimenpiteen taloudellinen kannattavuus Laskentatyökalu – ohje työkalun käyttöön. Viitattu 18.2.2021 https://www.motiva.fi/files/14771/Toimenpiteen_taloudellinen_kannattavuus_laskurin_ohje_2018.pdf

Motiva 2021a. Uusiutuva energia Suomessa. Viitattu 4.1.2021 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa

Motiva 2021b. Kartoitukset ja katselmukset. Viitattu 4.1.2021 https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/uusiutuva_energia/kartoitukset_ja_katselmukset

Motiva 2021c. Sähkön hankinta. Viitattu 4.1.2021 https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/uusiutuva_energia/sahkon_hankinta

Motiva 2021d. Uusiutuva energia ja aluekäytön suunnittelu. Viitattu 4.1.2021 https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_ja_alueidenkayton_suunnittelu

Motiva 2021e. Liikenne. Viitattu 4.1.2021 https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/uusiutuva_energia/liikenne

Motiva 2021f. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus. Viitattu 15.2.2021 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus

Motiva 2021g. Mitoitusmenetelmiä. Viitattu 15.2.2021 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus/mitoitusmenetelmia

Motiva 2021h. Pohjakulutukseen perustuva mitoitus. Viitattu 15.2.2021 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/hankinta_ja_asennus/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus/mitoitusmenetelmia/pohjakulutukseen_perustuva_mitoitus

Motiva 2021i. Järjestelmän kannattavuus. Viitattu 17.2.2021 https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/ennen_jarjestelman_hankintaa/jarjestelman_kannattavuus

Motiva 2021j. Laskentatyökalu energiatehokkuustoimien taloudellisen kannattavuuden tarkasteluun. Viitattu 18.2.2021 https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tuemat_energiakatselmukset/laskentatyokalu_energiatehokkuustoimien_taloudellisen_kannattavuuden_tarkasteluun

Oomi 2021a. Sähkön pientuotanto. Viitattu 16.2.2021 <https://oomi.fi/aurinkopaneelit/pientuotanto/>

Oomi 2021b. Virtuaaliakku. Viitattu 16.2.2021 <https://oomi.fi/aurinkopaneelit/virtuaaliakku/>

Perälä, R. 2017. Aurinkosähköä. Helsinki: Alfamer / Karisto Oy.

RIL-Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL ry, 2014. Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. RIL 265-2014. Tampere: Tammerprint Oy.

RT 103076. 2019. Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät. Helsinki: Rakennustieto.

RT 18-10922. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Helsinki: Rakennustieto.

Ruohonen, S. 2021. Sähkötyöt Sami Ruohonen. Aurinkosähköenergialaskelma kaupungintalo. Yksityinen sähköpostiviesti Sami Ruohonen 12.2.2021. Viestin saaja Petra Sihvonen-Hovila.

Salon Solar Oy 2021. Tarjous 22.1.2021. Sähköposti Mauno Oikarinen 22.1.2021.

- Salon Teollisuuskatot 2020. Kuntokartoitus Someron Kaupungintalo. Tutkimus tehty 22.9.2020.
- Somero 2020a. Ilmastonmuutos. Viitattu 18.12.2020 <https://www.somero.fi/asuminen-ja-ymparisto/ymparisto/ymparistonsuojelu/ilmastonmuutos-ja-somero/>
- Somero 2020b. Ilmastonmuutoskysely. Someron kaupungin työntekijät ja luottamushenkilöt. Lokakuu 2010. Viitattu 18.12.2020 <https://www.somero.fi/client/somero/userfiles/2011-05-10t14-42-48170-yv.pdf>
- Somero 2020c. Ilmasto-ohjelma 2015. Viitattu 18.12.2020 <https://www.somero.fi/client/somero/userfiles/someron-ilmasto-ohjelma2015.pdf>
- Sonsofsolar 2019. Milloin on oikea aika hankkia aurinkopaneelit. Viitattu 30.11.2020 <https://www.sonsofsolar.fi/aurinkopaneelit-fi/milloin-on-oikea-aika-hankkia-aurinkopaneelit/>
- Sonsofsolar 2021. Testaa kannattaako sinun siirtyä aurinkoenergiaan. Viitattu 20.1.2021 <https://www.sonsofsolar.fi/laskuri/>
- Tahkokorpi, M. 2015. Aurinkoenergiajärjestelmien yhteenveto. Viitattu 30.11.2020 https://finso-lar.net/wp-content/uploads/2015/03/aurinkosc3a4hkc3b6jc3a4rjestelmien_hintayhteen-veto_11032015.pdf
- Tahkokorpi, M.; Erat, B.; Hänninen, P.; Nyman, C.; Rasinkoski, A. & Wiljander, M. 2016. Aurinkoenergia Suomessa. Helsinki: Into kustannus.
- Tilastokeskus 2019. Energian hinnat laskivat vuoden kolmannella neljänneksellä. Viitattu 15.2.2021 https://tilastokeskus.fi/til/ehi/2019/03/ehi_2019_03_2019-12-11_tie_001_fi.html
- Tilastokeskus 2020a. Energian hinnat laskeneet kuluvaan vuoden kolmannella neljänneksellä vuoden takaiseen verrattuna. Viitattu 15.2.2021 https://tilastokeskus.fi/til/ehi/2020/03/ehi_2020_03_2020-12-10_tie_001_fi.html
- Tilastokeskus 2020b. Tilasto: Energian hinnat [verkojulkaisu]. ISSN=1799-7984. 3. Vuosineljännes 2020, Liitekuvio 5. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 1.2.2021]. Viitattu 1.2.2021 http://www.stat.fi/til/ehi/2020/03/ehi_2020_03_2020-12-10_kuv_005_fi.html
- Tilastokeskus 2021. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin (sis. sähköenergian, siirtomaksun ja verot) muuttujina Kuukausi. T6 (Yritys- ja yhteisöasiakkaat 20–499 MWh/vuosi) (2007M6-), Sähkön hinta (snt/kWh). Viitattu 2.2.2021 <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/sq/05825dee-44ac-4133-bfb8-4ea7a01d2ece> ja <http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/sq/6bce34af-f040-4c61-8dba-d1825b728983>
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2020a. Energiatuki. Viitattu 30.11.2020 <https://tem.fi/energiatuki>
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2020b. Sektori-integraatiotyöryhmän asettaminen. Päätös 14.7.2020. VN/14917/2020. Viitattu 25.1.2021. Saatavissa: https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/0/Asettamisp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s_Sektorin_integraatio_ty%C3%B6ryhm%C3%A4.pdf/876f315d-ceeb-d93c-8ba2-f391b061e7bb/Asettamisp%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s_Sektorin_integraatio_ty%C3%B6ryhm%C3%A4.pdf?t=1594977110431
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2020c. Tuettavat hankkeet ja tuen enimmäismäärä. Viitattu 30.11.2020. Saatavissa: <https://tem.fi/tuettavat-hankkeet>
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2020d. Valtioneuvoston periaatepäätös energiatehokkuustoimenpiteistä. Julkaistu 4.2.2010. Viitattu 21.12.2020. Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/3506436/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+energiatehokkuustoimenpiteist%C3%A4.pdf/59ff76e5-9a90-48da-b046-5e915bcd91c8/P%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s+energiatehokkuustoimenpiteist%C3%A4.pdf>

Valonia 23.3.2020. Ennakkotiedote: Kuntien kiinteistöjen energiansäästöpotentiaalia ja yritysyritysteistyötä selvitettiin ELLE-hankkeessa – lopputulokset nyt kunnan käytettävissä. Viitattu 3.12.2020.

Vattenfall 2020. Sähköverkkoon kytketty aurinkopaneelipaketti. Viitattu 8.12.2020 <https://www.vattenfall.fi/4a767e/globalassets/asiakaspalvelu/usein-kysytyt-kysymykset/aurinkopaneelit/tekniikkaa-ja-termeja---aurinkopaneeli/sahkoverkkoon-kytketty-aurinkopaneelipaketti.jpg>

Virta, J. & Pylsy, P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Helsinki: Kiinteistöalan Kustannus Oy. AS Printall.

Yle 2021. Aurinkoenergia 20.10.2020. P. Juuti. Aurinkopaneelit katolla ja sähkö säästöt tilille - kuulostaa yksikertaiselta, mutta sitä se ei välttämättä ole: nämä 10 muutosta voivat sotkea laskelmasi. Viitattu 4.1.2021 <https://yle.fi/uutiset/3-11595312>