



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

AURINKOENERGIAN HYÖ- DYNTÄMINEN TALOYHTI- ÖSSÄ

Opinnäytetyö

TEKIJÄ: Miika Huotinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä(t) Miika Huotinen			
Työn nimi Aurinkoenergian hyödyntäminen taloyhtiössä			
Päiväys	15.6.2019	Sivumäärä/Liitteet	51/1
Ohjaaja(t) Yliopettaja Juhani Rouvali, lehtori Jari Ijäs			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Asunto Oy Lappeenrannan Maininkikatu 9			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli antaa lappeenrantalaisen taloyhtiön osakkaille tietoa aurinkoenergian hyödyntämisestä taloyhtiössä. Lähtökohtaisesti tietoa kerättiin sellaisille henkilöille, joilla ei ole aikaisempaa tietoa kyseisistä järjestelmistä, ja näin ollen päätöksenteko olisi helppoa.</p> <p>Opinnäytetyössä esiteltiin aurinkoenergiajärjestelmiä yleisellä tasolla sekä selvitettiin, kuinka järjestelmiä voidaan hyödyntää taloyhtiössä. Materiaalina teoriaosuudessa käytettiin pääasiassa kirjallisuutta sekä internetistä löytyvää aineistoa. Aurinkosähköjärjestelmälle laadittiin perusmitoitus ja kannattavuuslaskelmat. Mitoitus suoritettiin Euroopan Komission ylläpitämän PVGIS-laskurin avulla, josta saatiin tuntikohtaiset arviot erikokoisten järjestelmien tuotannosta. Kannattavuuslaskelmia varten tehtiin yksinkertainen laskuri Excel-työkalulla, jonka avulla voitiin arvioida kannattavuutta kolmen eri menetelmän perusteella. Aurinkolämpöjärjestelmälle ei suoritettu näitä edellä mainittuja laskelmia, vaan annettiin tietoa mitä lähtötietoja suunnittelijat tarvitsevat, jotta mitoitus voidaan tehdä sekä kuinka varmistetaan laadukkaan järjestelmän hankinta.</p> <p>Lopputuloksena saatiin tiivis ja kattava tietopaketti aurinkoenergiajärjestelmistä. Taloyhtiö pystyisi käyttämään tätä opinnäytetyötä apumateriaalina, mikäli päätetään investoida aurinkoenergiajärjestelmiin.</p>			
Avainsanat aurinkoenergia, aurinkosähkö, aurinkolämpö, aurinkokeräin, aurinkopaneeli			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Miika Huotinen			
Title of Thesis Utilization of solar energy in condominium			
Date	June 15, 2019	Pages/Appendices	51/1
Supervisor(s) Mr. Juhani Rouvali, Principal Lecturer and Mr. Jari Ijäs, Senior Lecturer			
Client Organisation /Partners Asunto Oy Lappeenrannan Maininkikatu 9			
<p>Abstract</p> <p>The purpose of this thesis was to inform a condominium in Lappeenranta about the use of solar energy in the condominium. The starting point was that the information was collected to a group of people that have no prior knowledge of these systems, and therefore decision making would be easy.</p> <p>In this thesis solar energy systems were introduced at a general level and how the systems can be utilized in a condominium. The material used in the theoretical part was mainly literature and online material. Dimensioning and profitability calculations were done on the photovoltaic system. The dimensioning was carried out using a PVGIS program maintained by the European Commission, which produced hourly estimates of the production capacity of systems of different sizes. For the purpose of profitability calculations, a simple counter was created with the Excel tool. This allowed to evaluate profitability based on three different methods. The above-mentioned calculations were not carried out for the solar thermal system, but information was given on what source data the designers will need and how to ensure the acquisition of a high-quality system.</p> <p>The result of this thesis was a compact and comprehensive information package on solar energy systems. The condominium would be able to use this thesis as an aid if it is decided to start acquiring solar energy systems.</p>			
<p>Keywords solar energy, photovoltaic, solar thermal, solar thermal collector, solar panel</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	AURINKOENERGIA.....	7
2.1	Maapallolle saapuva auringonsäteily	7
2.2	Auringonsäteily Suomessa	7
2.3	Aktiivinen ja passiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen	9
2.4	Aurinkoenergian hyötynäkökulma	9
2.5	Aurinkoenergiajärjestelmien hintatasot	9
3	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT	11
3.1	Aurinkopaneelien toimintaperiaate.....	11
3.1.1	Eri aurinkopaneeli tyypit	11
3.1.2	Verkkoinvertteri	13
3.1.3	Muut komponentit.....	14
3.1.4	Huolto	15
3.1.5	Asennus ja suuntaus	15
3.2	Järjestelmän hyödyntäminen asunto-osakeyhtiössä.....	16
3.2.1	Aurinkosähköjärjestelmä liitettynä yksittäiseen huoneistoon.....	16
3.2.2	Aurinkosähköjärjestelmä kytketty kiinteistösähköön.....	16
3.2.3	Takamittarointimalli.....	17
3.2.4	Hyvityslaskentamalli	19
3.2.5	Liittyminen sähköverkkoon.....	20
3.2.6	Sähkön myynti ja eri sopimustyytit	20
3.2.7	Sähkön varastointi.....	20
4	AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄT	22
4.1	Toimintaperiaate.....	22
4.2	Eri aurinkokeräin tyypit ja järjestelmän muut komponentit	22
4.2.1	Tasokeräimet	23
4.2.2	Tyhjiöputkikeräimet.....	24
4.2.3	Ilmakeräimet	24
4.2.4	Yhdysputkisto	25
4.2.5	Varaaja.....	25
4.2.6	Pumppu –ja ohjausyksikkö.....	26

4.2.7	Paisunta-astia	26
4.2.8	Huolto	26
4.2.9	Asennus ja suuntaus	27
4.3	Järjestelmän hyödyntäminen taloyhtiössä	28
4.3.1	Mitoituksen periaatteet	29
5	AURINKOENERGIAN SOVELTUVUUS AS. OY MAININKIKATU 9	30
5.1	Kohteen tiedot	30
5.2	Lupa-asiat ja paloturvallisuus	31
5.3	Hankintapolku taloyhtiössä	32
5.4	Taloyhtiön tukimahdollisuudet	32
6	AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN HANKINTA.....	33
6.1	Kohteen sähkönkulutus	33
6.2	Aurinkosähköjärjestelmän koko.....	34
6.3	Investointi aurinkosähköjärjestelmässä.....	36
7	5 KWP JÄRJESTELMÄ.....	38
7.1	Mitoitus	38
7.2	Kannattavuus	39
8	10 KWP JÄRJESTELMÄ	40
8.1	Mitoitus	40
8.2	Kannattavuus	41
9	15 KWP JÄRJESTELMÄ	42
9.1	Mitoitus	42
9.2	Kannattavuus	43
10	AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN HANKINTA.....	44
10.1	Huomioitavia asioita	44
11	YHTEENVETO.....	45
	LÄHTEET	46
	LIITE 1 YLEISTIETOLOMAKE	50

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on antaa Asunto Oy Lappeenrannan Maininkikatu 9:n osakkaille tietoa aurinkoenergian hyödyntämisestä kyseisessä taloyhtiössä. Lähtökohtana tiedonkeruu tapahtuu sellaisille henkilöille, joilla ei ole aikaisempaa tietoa aurinkoenergiajärjestelmistä.

Työssä käydään aurinkosähkö- ja aurinkolämpöjärjestelmiä läpi teoriapohjalta, jonka jälkeen esitellään järjestelmien toimintaa, komponentteja ja vaadittavia lupia. Aurinkosähköjärjestelmälle tehtiin mitoitukset ja kannattavuuslaskelmat. Aurinkolämpöjärjestelmille tätä ei tehty, vaan annettiin tietoa, kuinka järjestelmä kannattaa mitoituttaa ja mitä lähtötietoja siihen vaaditaan sekä kuinka varmistetaan laadukkaan järjestelmän hankinta.

Lopputuloksena saadaan tiivis ja kattava tietopaketti aurinkoenergiajärjestelmistä, jota taloyhtiö pystyy käyttämään apumateriaalina, mikäli taloyhtiö päättää investoida aurinkoenergiaan.

2 AURINKOENERGIA

2.1 Maapallolle saapuva auringonsäteily

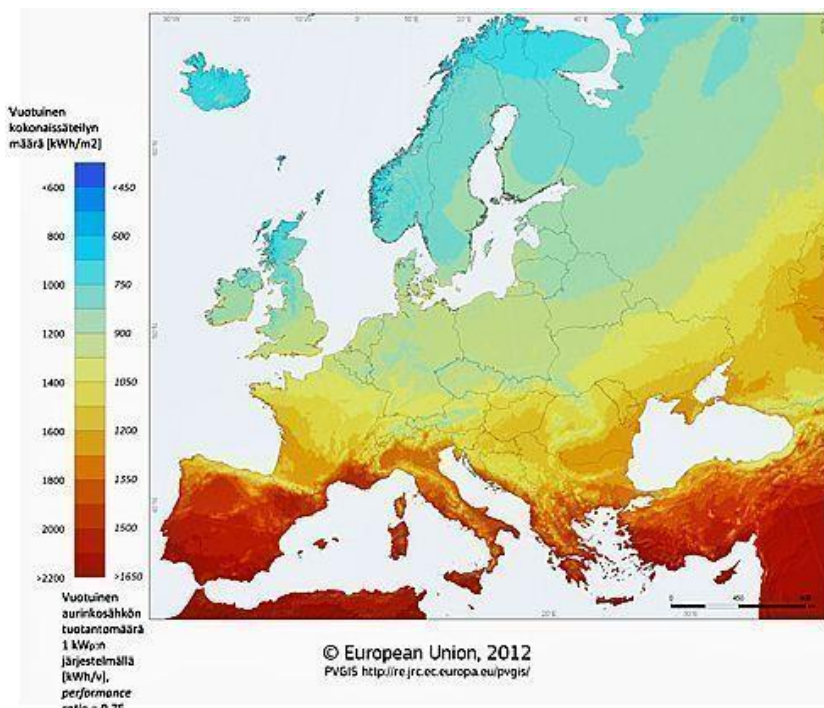
Auringosta saapuva säteily saa alkunsa fuusioreaktiosta, jolloin auringon ytimessä kaksi vetyatomia yhtistyvät heliumatomeiksi. Tämä saa aikaan suuren energiamäärän vapautumisen. Vertailun vuoksi yhden heliumkilon muodostaminen vedystä fuusioprosessissa vapauttaa saman määrän energiaa, kuin 27 000 000 kg kivihiiltä eli 180 000 000 kWh. (Erat, ym., 2008, s. 10)

Fuusioreaktiossa vapautuva energia antaa auringolle kokonaistehon, joka on kokoluokaltaan $3,8 \times 10^{23}$ kW. Maapallo saa tästä määrästä $1,7 \times 10^{14}$ kW, joka vastaa 10 000 kertaista määrää koko ihmiskunnan käyttämästä tehosta vuonna 2008. Alueelle maapallon ilmakehän ulkopuolella, joka on kohtisuorassa ja neliömetrin kokoinen, auringonsäteilyä saadaan keskimäärin $1,368 \text{ kW/m}^2$. Tätä arvoa kutsutaan aurinkovakioksi. Aurinkovakion ollessa tuo keskimääräinen $1,368 \text{ kW/m}^2$ ilmakehän ulkopuolella, voidaan maapallon pinnalle saada parhaimmillaan 1 kW/m^2 säteilyteho. Kaikkea auringonsäteilyä ei ole mahdollista saada, koska ilmakehä suodattaa ja heijastaa osan säteilystä. Kaasumolekyylit, vesihöyry ja muut epäpuhtaudet, joista ilmakehä koostuu heikentävät olennaisesti maan pinnalle pääseviä auringonsäteitä. Tästä on meille hyötyä sekä haittaa. Ilmakehä säätelee haitallisen UV-säteilyn määrää maan pinnalle, mutta samalla maan pinnalle saapuvan säteilyn määrä pienenee koko ajan enemmän mitä pitemmän matkan säteily matkustaa ilmakehän läpi. Tämän takia aamusin, iltaisin ja talvisin auringon säteilyteho on pienempi kuin verrattaessa keskipäivään tai kesään. (Tahkokorpi, ym., 2016, ss. 13-14)

2.2 Auringonsäteily Suomessa

Vastoin yleisiä maamme pohjoiseen sijaintiin liittyviä ennakkoluuloja Suomi on hyvä aurinkoenergiamaa. Kuvan 1 perusteella huomataan, että Pohjois-Saksassa Frankfurtissa ja Kaakkois-Suomessa Lappeenrannassa pystytään tuottamaan aurinkoenergiaa saman verran. Tämä tapahtuu kuitenkin sillä ehdolla, että keräimiä tai paneeleita ei asenneta vaakasuoraan, vaan ne kallistetaan etelän suuntaan ja näin optimoidaan hyödynnettävä säteilymäärä. Koska Suomi sijaitsee pohjoisessa, suurin osa säteilystä saapuu maahan kevään ja syksyn välisenä aikana. Tämän takia aurinkoenergia pitäisi nähdä osana laajempaa tuotantomuotojen kokonaisuutta. (Auvinen, 2017)

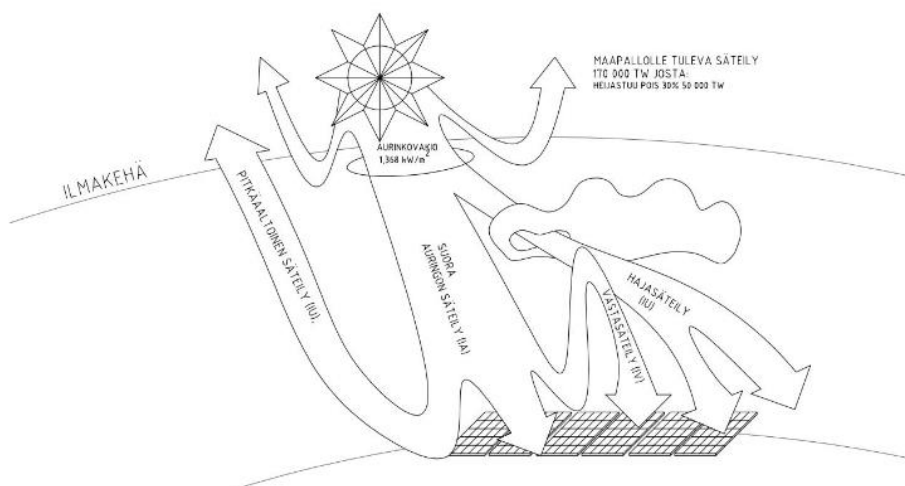
Suomen maantieteellinen sijainti vaikuttaa myös vahvasti siihen, että aurinko paistaa hyvin matalalta, mikä taas vaikuttaa aurinkopaneelien ja keräimien joutumisen varjostuksen alaisiksi. Tämä on hyvä tiedostaa, kun suunnittelee aurinkoenergiaratkaisuja. (Finlumo, 2016)



KUVA 1 Auringon säteilymäärät Euroopassa (Motiva Oy, 2018)

Auringosta suoraan maahan tuleva säteily ja hajasäteily muodostavat yhdessä auringon kokonaissäteilyn. Suomeen saapuvasta kokonaissäteilystä hajasäteilyn osuus on suuri, Etelä-Suomessa jopa puolet vuoden kokonaissäteilystä on hajasäteilyä. Sillä onko säteily suoraa vai hajasäteilyä, ei ole vaikutusta aurinkopaneelien tai aurinkokeräinten tuotantoon.

Kokonaissäteilyn määrään vaikuttavat aurinkopaneelien tai keräinten asennuspaikka sekä mihin kulmaan ne on kallistettu. Jos paneeli on kallistettu, lumi, kiiltävä kattopinta tai vedestä heijastuva säteily voivat nostaa hetkellisesti kokonaissäteilyä jopa 20 %. Kuitenkin vuositasolla puhuttaessa pinnoilta heijastuva säteily on tavallisesti muutamia prosentteja kokonaissäteilystä (Motiva Oy, 2018).



KUVA 2 Auringon säteily (Isojunno, 2014, s. 3)

2.3 Aktiivinen ja passiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen

Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää joko aktiivisesti tai passiivisesti. Kun aurinkoenergiaa halutaan hyödyntää aktiivisesti, auringon säteily muutetaan sähköksi aurinkopaneeleiden avulla tai lämmöksi aurinkokeräinten avulla.

Passiivisesta hyödyntämisestä puhutaan silloin, kun rakennus itsessään kerää energiaa ja, joka siten varastoituu rakennuksen rakenteisiin. Kun rakennus on puhtaasti passiivisen aurinkoenergian hyödyntäjä, ei siihen tarvita mitään lisälaitteita. (Erat, ym., 2008, s. 52)

Tässä opinnäytetyössä keskitytään pelkästään aktiivisen aurinkoenergian hyödyntämiseen, eikä näin ollen muuta kuin sivuta yllä olevan tekstin verran passiivista aurinkoenergian hyödyntämistä.

2.4 Aurinkoenergian hyötynäkökulma

Jatkuvasti esillä oleva ilmastonmuutos ja lisääntynyt tieto siitä, että uusiutumattomat luonnonvarat ovat vähenemään päin saavat ihmiset käyttämään uusiutuvia energialähteitä. Näiden asioiden lisäksi aurinkoenergialla pystytään saavuttamaan monia eri hyötyjä. Tällaisia ovat taloudellisuus, ympäristöystävällisyys ja imagollisuus. Kiinteistöissä aurinkoenergia koetaan positiivisena asiana ja tällaisia rakennuksia, jotka käyttävät aurinkoenergiaa, voidaan markkinoida ympäristöystävällisinä kiinteistöinä. Aurinkosähkö ja -lämpö ovat täysin päästöttömiä käytön aikana ja kuuluvatkin näin vihreisiin energiamuotoihin. Taloudellista hyötyä saadaan käyttökustannuksista. Vaikka investointikustannukset ovat suuria, pystyy kiinteistö säästämään energiakustannuksissa ennen takaisinmaksuajankohdan saavuttamista. Näin ollen säästöt perustuvat käyttökustannuksien puuttumiseen ja ilmaisen polttoaineen saatavuuteen. (Ventus, 2017, s. 28)

2.5 Aurinkoenergiajärjestelmien hintatasot

Helpoiten aurinkoenergiajärjestelmän hankinnassa pääsee, kun järjestelmä hankitaan avaimet käteen periaatteella. Tällöin toimittaja hoitaa laitteiden hankinnan lisäksi asennustyöt, kuljetuksen, vaadittavat ilmoitukset sekä tekee kartoituksen ja mitoituksen.

Aurinkosähköjärjestelmien tämänhetkisiä hintatasoja voi tarkastella Motivan julkaiseman Aurinkosähköä kotiin-kampanjan avulla. Nämä hinnat on kerätty aurinkosahkoakotiin.fi-sivustolle, jossa tarkasteltavana on kaksi eri mallikohdetta. Nämä mallikohteet ovat:

- 3-6 kWp aurinkosähköjärjestelmä
- 10-20 kWp aurinkosähköjärjestelmä

Näiden mallikohteiden hinnat ovat avaimet käteen kokonaistoimituksia, joten hintoihin sisältyvät ainakin seuraavat toimenpiteet:

- Kohteen lisätietojen kartoitus ja laskelmat katon kestävydestä.
- Verkkoyhtiön kanssa asiointi.
- Toimitus sekä asennus käyttövalmiiksi.

- Asiakkaan käyttöopastus ja käyttöönottopöytäkirja.
- Sähköntuotannon seuranta. (Aurinkosahkoakotiin.fi, 2019)

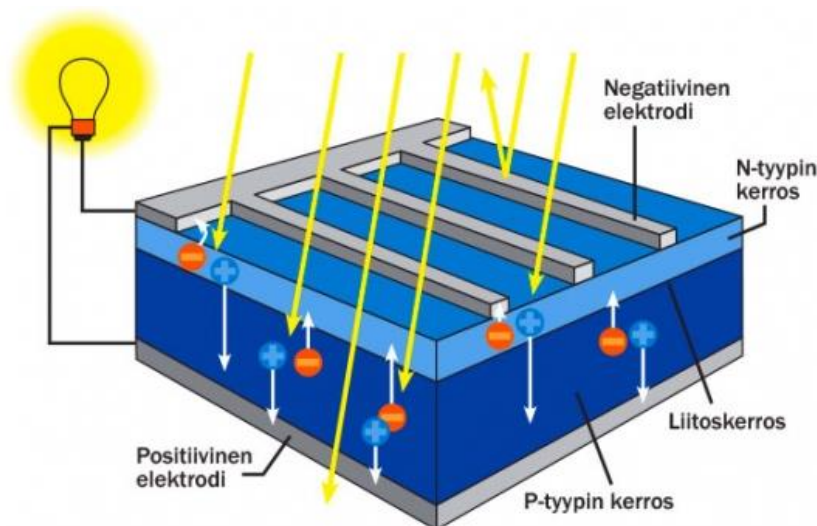
Keskihinnaksi 3-6kWp järjestämälle muodostuu 1770 €/kWp ja isommalle 10-20kWp järjestelmälle 1350 €/kWp. (Motiva Oy, 2019)

Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasoja voidaan tarkastella FinSolar-sivustolta, johon on kerätty vuosien 2014-2015 hankintahintoja. Näihin hintoihin sisältyy tarvittava laitteisto, pl. varaaja. Sivustolla on määritelty asunto-osakeyhtiöt ja maatilat keskikokoisiin järjestelmiin, jotka vaativat n. 20-100 keräineliötä. Tällöin hankintahintana olisi 500-750 €/keräineliö. (FinSolar, 2016)

3 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄT

3.1 Aurinkopaneelien toimintaperiaate

Auringon säteilyenergia muutetaan sähköenergiaksi aurinkokennossa. Auringon säteilyssä olevat fotonit kuljettavat säteilyenergiaa ja osuessaan aurinkokennoihin ne luovuttavat energiansa puolijohdemateriaalin elektroneille. Nämä elektronit pystyvät nyt muodostamaan sähkövirtaa aurinkokennossa oleviin virtajohtimiin. Kuvassa 3 on esitetty aurinkokennon toimintaperiaate. (Motiva Oy, 2018)



KUVA 3 Aurinkokennon toimintaperiaate (Ahjo Energia, ei pvm)

Rinnan ja/tai sarjaan kytketyt aurinkokennot, jotka on koteloitu panelikehyksellä ja joissa kennon eteen on sijoitettu auringonsäteilyä läpäisevä suojalasi, kutsutaan aurinkopaneeliksi. Jotta saadaan muodostettua haluttu jännite- ja virtataso, voidaan käyttää eri kytkentätapoja. Sarjankytkennässä paneelin jännite on aurinkokennojen jännitteiden yhteenlaskettu summa, kun taas rinnankytkennässä kokonaisvirta muodostuu rinnankytkettyjen kennojen yhteenlasketusta virrasta. (Motiva Oy, 2018)

3.1.1 Eri aurinkopaneeli tyypit

Erilaisia aurinkopaneeleita on useita, joista suosituimmat ovat:

- yksikidepaneeli, jonka markkinaosuus vuonna 2013 on ollut n. 36 %
- monikidepaneeli, jonka markkinaosuus vuonna 2013 on ollut n. 55 %
- ohutkalvopaneelit, jonka markkinaosuus vuonna 2013 on ollut n. 10 %

Nämä paneelit eroavat toisistaan pääasissa valmistusteknologian, tehon, koon ja hyötysuhteen osalta. (Saviranta, 2016)

Kiinteistöissä hyödynnetään pääasiassa yksikide –tai monikidepaneeleita, joihin myös tässä opinnäytetyössä keskitytään.

Yksikidepaneelin kasauksessa hyödynnetään yksikiteisestä piistä leikattuja, alkuperäisesti pyöreitä piikiekkokoja. Tästä piikiekosta leikataan palat pois ja niin saadaan aktiivista pinta-alaa kasvatettua.

Koska puolijohteessa oleva kiderakenne on yhtenäinen, hyötysuhde on hyvin korkea, jos aurinko paistaa puolijohteeseen optimaalisessa kulmassa kiderakenteeseen nähden. (Käpylehto, 2016, ss. 57-58)

TAULUKKO 1 Yksikidepaneelin vertailua monikidepaneeliin (Käpylehto, 2016, ss. 57-58)

Yksikidepaneeli
Hyötysuhde korkeampi verrattuna monikidepaneeliin.
Mikäli paneeliin osuu varjostus niin tuotantoteho putoaa enemmän verrattuna monikidepaneeliin.



KUVA 4 Yksikidepaneeli (SolarReviews, 2017)

Monikidepaneelin aurinkokennosta pystytään tekemään helpommin oikean kokoiseksi ja näin pystytään kattamaan koko aurinkopaneelin pinta-ala. Koska monikidepaneelin kiderakenne ei ole suunnan kannalta yhtenäinen, hyötysuhde on pienempi verrattuna yksikidepaneeliin. Toisaalta varjostus ei aiheuta niin paljon ongelmia ja valo, joka tulee eri suunnista, muuttuu helpommin hyödynnettäväksi sähköksi monikidepaneeleissa. (Käpylehto, 2016, ss. 57-58)

TAULUKKO 2 Monikidepaneelin vertailua yksikidepaneeliin (Käpylehto, 2016, ss. 57-58)

Monikidepaneeli
Hyötysuhde hieman matalampi verrattuna yksikidepaneeliin
Yleisempi kiinteistökäytössä
Paneelin pinta on tasainen ja yhtenäinen



KUVA 5 Monikidepaneeli (Solar Tribune, 2011)

3.1.2 Verkkoinvertteri

Verkkoinvertterin tarkoitus on muuntaa panelistolta saapuva tasasähkö sähköverkkoon sopivaksi vaihtosähköksi, huolehtia suojauksista ja liittyä verkkoon. Jotta hyötykäyttöalue maksimoitaisiin ja järjestelmä tuottaisi parhaalla mahdollisella tavalla sähköä, tulisi invertterin teho mitoittaa vastaamaan aurinkopaneelien tuottamaa maksimitehoa. Järjestelmän toimintaa pystytään myös seuraamaan mobiililaitteilla ja tietokoneilla, kun invertteriin asennetaan etälukulaite. Invertteri liitetään sähköpääkeskukseen, mistä sille yleensä löytyy tyhjä sulakepaikka. Invertterin pitäisi olla mahdollisimman helposti saavutettavissa, joten paras mahdollinen paikka sille olisi talon teknisessä tilassa seinällä sähköpääkeskuksen vieressä. Jotta invertteri saa tarpeeksi jäähdytysilmaa, on sillä oltava n. 20 cm vapaata tilaa joka sivulla. Tämä on erityisen tärkeää varsinkin, jos inverttereitä asennetaan monia samaan tilaan. (Käpylehto, 2016, ss. 143, 145) (Rexel Finland Oy)

On olemassa myös mikroinverttereitä, jotka liitetään järjestelmään paneelikohtaisesti. Näin pystytään tuottamaan sähköä tehokkaammin niissä tilanteissa, joissa osa paneeleista altistuu varjostuksille. Tähän ei normaali keskitetty invertteri pysty, koska sarjaan kytketyn järjestelmän tehontuotto pienee, mikäli paneeleille osuu varjostuksia. Koska mikroinverttejä tarvitaan useita, niin myös investointikustannukset nousevat korkeammalle verrattuna yhteen suuritehoiseen invertteriin. Huoltovarmuus heikkenee myös lisääntyneiden komponenttien vuoksi. (Motiva Oy, 2016)



KUVA 6 SOYANPOWER 3-vaiheinen verkkoinverterti (Soyan Power New Energy co., ei pvm)

3.1.3 Muut komponentit

Turvakytkimen tarkoitus on erottaa verkkoinverterti sähköverkosta. Sähköturvallisuusmääräysten mukaan turvakytkimessä on oltava asennonosoitus tai näkyvä avausväli sekä siinä on oltava lukitusmahdollisuus. Turvakytkin on sijoitettava sellaiseen paikkaan, mihin verkonhaltijalla on esteetön pääsy. Tällaisia paikkoja voivat olla talon seinusta tai muu helposti saavutettava tila. (Käpylehto, 2016, s. 148) (Lehto, 2016)

Kiinteistön energiamittarin tarkoituksena on mitata verkkoon syötettyä ja sieltä otettua tehoa. Tämän hankinta on sähköverkonhaltijan vastuulla, joten sen hankkimisesta ei aurinkosähköjärjestelmän käyttäjän tarvitse huolehtia. (Motiva Oy, 2016)

Koska verkkoinverterin ja paneeliston välinen kaapeli altistuu ulkoisille rasitustekijöille, on tärkeää käyttää ns. aurinkokaapelia, jonka poikkipinta on yleensä 6-10mm² välillä. Verkkoinverterin, turvakytkimen ja sähköpääkeskuksen väliseen kaapelointiin voidaan käyttää normaalia sisäasennuskaapelia. (Käpylehto, 2016, s. 141)

Kuvassa 7 on esitettyä verkkoon liitetyn aurinkosähköjärjestelmän rakenne vaadittavine komponentteineen.



KUVA 7 Verkkoonliitetyn aurinkosähköjärjestelmän rakenne (Motiva Oy, 2016)

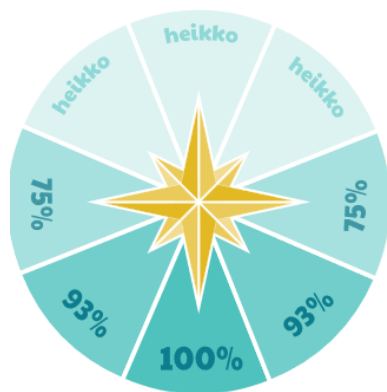
3.1.4 Huolto

Oikein asennettuna aurinkosähköjärjestelmät vaativat todella vähän huoltoa ja ylläpitoa. Pelkästään vesisadekin riittää yleensä aurinkopaneelien puhdistukseen, mikäli paneelin kulma on yli 15 astetta. Lunta ei yleensä Suomessa olevista aurinkosähköjärjestelmistä puhdisteta, koska auringon säteilystä saatava tuotanto on talvikuukausina pientä. Kevättalvella taas auringonpaiste lämmittää paneeleita niin hyvin, että lumi valuu tai sulaa pois. Mikäli haluaa puhdistaa lumet pois, tulee käyttää pehmeää harjaa. Jos talon katolla käy lumenpudottajia, heitä on informoitava aurinkopaneelien sijainnista, etteivät he riko paneeleita esimerkiksi lapiolla. Aurinkopaneelien teknisen käyttöajan aikana joudutaan verkkoinvertteri vaihtamaan ainakin yhden kerran, koska invertterin käyttöikä on lyhyempi kuin aurinkopaneelien.

Vaikka huoltotoimenpiteitä ei juuri tarvita, on hyvä tarkkailla tuotantoa jatkuvasti. Muutokset tuotannossa voivat kertoa esimerkiksi kaapelivaurioista, paneelin rikkoutumisesta, ylimääräisistä varjostuksista tai roskien kerääntymisestä paneelien päälle. (Nivos Oy, 2016) (Käpylehto, 2016, s. 170)

3.1.5 Asennus ja suuntaus

Etelä-Suomessa paras vuotuinen tuotto saadaan, kun paneelit ovat asennettu etelän suuntaisesti n. 40 asteen kulmaan. Kuvasta 8 nähdään ilmansuuntien vaikutus paneelien vuotuisen tuottoon, kun paneelit on asennettu 40 asteen kulmaan. (Aurinkosahkoakotiin, ei pvm)



KUVA 8 Ilmansuuntien vaikutus vuotuisen tuottoon (Aurinkosahkoakotiin, ei pvm)

Aurinkopaneelit voidaan asentaa joko katolle, seinälle tai maahan. Yleensä kaikista aurinkoisin ja varjottomin paikka löydetään kuitenkin talon katolta. Asennus kannattaa aina tehdä lappeen suuntaisesti, vaikka sillä ei saavutettaisikaan optimaalisinta tuottoa. Näin pystytään välttämään toimenpideluvan hankkiminen ja säästetään asennuskuluissa rahaa. Kattotyypillä tai kattomateriaalilla ei ole aurinkopaneelien asennukseen vaikutusta. On kuitenkin tärkeää tarkistaa katon kunto ja, että kantavuus on riittävä. Jos talossa on esimerkiksi lähivuosien aikana tiedossa kattoremontti, on järkevää asentaa järjestelmä remontin jälkeen, koska näin välttytään paneelien pois ottamiselta remon- tin ajaksi.

Mikäli päädytään asentamaan paneelit seinäasennuksena pysty- tai lähes pystysuuntaisesti, vähenee vuotuinen sähköntuotto n. 25-30 % verrattuna 40 asteen kulman suuntaamiseen. Seinäasennuksella saadaan kuitenkin sähköä enemmän niinä vuodenaikoina, kun aurinko paistaa matalalta. Myös lunta tai puiden lehtiä ei pääse kertymään paneelien pinnalle, kun ne on asennettu seinälle pystysuunnassa. (Aurinkosähkökootiin, ei pvm)

3.2 Järjestelmän hyödyntäminen asunto-osakeyhtiössä.

Ympäristönäkökulmasta aurinkoenergia on loistava valinta. Heti aurinkopaneelien asennuksen jälkeen ne rupeavat tuottamaan ilmaista sähköä. Aurinko on uusiutuva sekä ehtymätön luonnonvara ja siitä ei synny ollenkaan kasvihuonepäästöjä tai meluhaittoja. Aikaisemmin aurinkosähkö on koettu kesämökeillä sähköntuottajana ja omakotitaloissa erillisratkaisuna, mutta nykypäivänä jokaisella sähkökuluttajalla kiinteistötyypistä riippuen on mahdollisuus tuottaa sähköä osittain. Taloyhtiön oma aurinkovoimala lisää kiinteistön energiaomavaraisuutta ja vähentää kasvihuonepäästöjä sekä kertoo, että taloyhtiö pystyy tekemään edistyksellisiä päätöksiä. (Finsolar, 2015)

Asunto-osakeyhtiö pystyy hyödyntämään aurinkosähköä kolmella toteutuskelpoisella tavalla. Alla oleva neljäs virtuaalimittarointimalli ei ole vielä toteutuskelpoinen säädöksiänsä takia mutta voi olla mahdollista, että lähiaikoina tuohon tulee muutos. Nämä mallit ovat:

- Asuntokohtainen malli
- Kiinteistösähkömalli
- Takamittarointimalli
- Virtuaalimittarointi eli hyvityslaskentamalli

(Käpylehto;Hänninen;Pekkarinen Kanerva;Martikka;& Evokari, 2017)

3.2.1 Aurinkosähköjärjestelmä liitettynä yksittäiseen huoneistoon

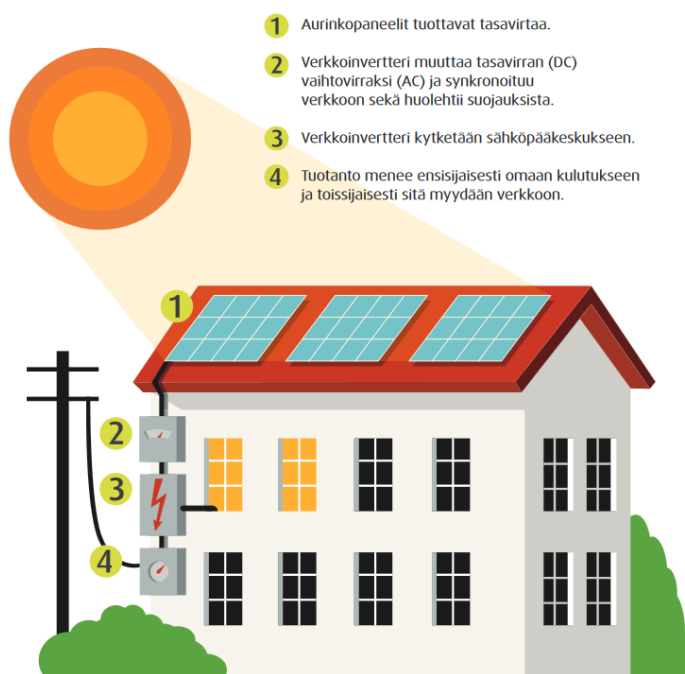
Tässä tapauksessa aurinkosähköjärjestelmä tuottaa sähköä ainoastaan yhteen huoneistoon ja se ei vaikuta kiinteistösähköön tai muiden asuntojen sähkönkäyttöön. Tämä kytkentätapa ei ole kannattavaa kerrostaloissa, koska asuntojen yksittäinen sähkönkäyttö on suhteellisen vähäistä. (Käpylehto, 2016, s. 205)

3.2.2 Aurinkosähköjärjestelmä kytketty kiinteistösähköön

Kiinteistösähköliittymään kuuluu asunto-osakeyhtiön yleisten tilojen sähkönkulutus, joita ovat mm. pihavalaistus, rappukäytävien sähköistykset, LVI-tekniikan vaatimat sähköt, yleiset saunat ja pesutilat sekä autopaikat. Kiinteistösähkön sähkölaskun maksaa taloyhtiö eli osakkaat hoitovastikkeen kautta. Jotta investointi olisi mahdollisimman kannattavaa olisi toivottavaa, että kiinteistösähköliittymässä on jatkuvaa sähkönkulutusta, joka voitaisiin korvata aurinkosähköllä. Tämän kytkentätavan toimintaperiaate on esitetty kuvassa 9. (Käpylehto, 2016, ss. 106,132,133).

TAULUKKO 3 Kiinteistösähkään kytketyn aurinkosähköjärjestelmän hyödyt & haasteet (Käpylehto, 2016, ss. 106,132,133).

Aurinkosähköjärjestelmäkytketty kiinteistösähkään
Järjestelmällä ei ole vaikutusta osakkaiden sähkön käyttöön tai sähkösopimuksiin
Ostosähkön määrä vähenee kiinteistösähkön käytössä
Mikäli suurin osa tuotannosta pystytään käyttämään itse, on järjestelmä taloudellisesti kannattava.
Yhtiökokouksessa vaaditaan enemmistö päätös, mikäli katsotaan ettei yhdelle osakkaalle tuleva kustannus ole kohtuuton.



KUVA 9 Kiinteistösähkään kytketyn aurinkosähköjärjestelmän toimintaperiaate (Käpylehto;Hänninen;Pekkarinen Kanerva;Martikka;& Evokari, 2017)

3.2.3 Takamittarointimalli

Puhuttaessa takamittarointimallista tarkoitetaan sitä, että taloyhtiön kiinteistösähkö ja asuntojen kulutus olisi yhden verkkoyhtiön summamittarin takana sähköyhtiön suuntaan. Taloyhtiön täytyisi joko asennuttaa täysin uudet sähkömittarit tai vaihtoehtoisesti ostaa sähkömittarit verkkoyhtiöltä, mikäli se olisi mahdollista.

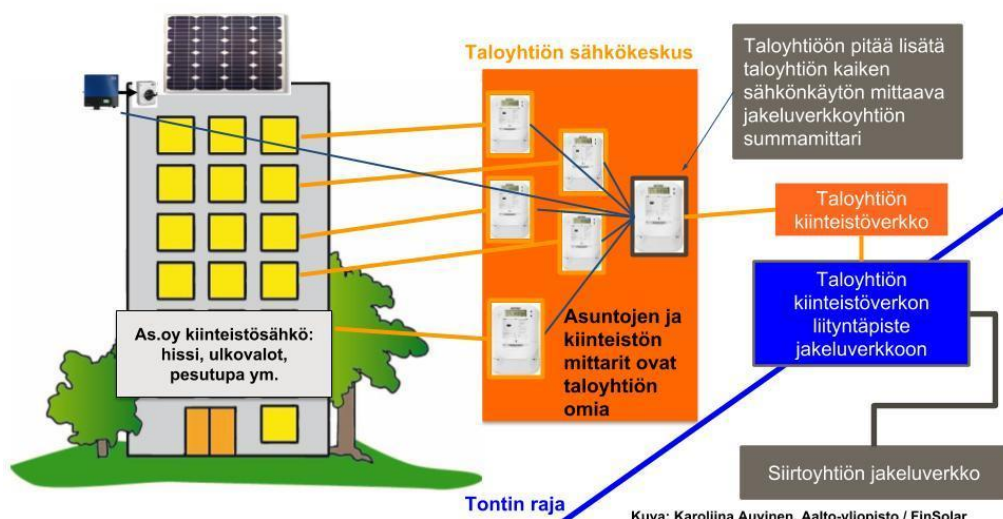
Kuvassa 10 nähdään esimerkki aurinkosähkön takamittaroinnista, jossa aurinkosähköjärjestelmä on kytketty verkkoyhtiön omistamaan summamittariin taloyhtiön kulutuksen puolelle. Näin järjestelmän tuottama sähkö vähentäisi taloyhtiön sekä asukkaiden ostosähkön määrää. Asukkaat maksaisivat sähköstä kulutuksensa tai muun erikseen sovitun jakoperiaatteen mukaisesti. Tämän laskutuksen voisi hoitaa esimerkiksi isännöitsijä tai aurinkoenergiapalveluihin erikoistunut yritys.

Takamittaroinnilla voidaan mahdollistaa kokoluokaltaan paljon suuremman aurinkosähköjärjestelmän hankinta mutta tässäkin on omat haasteensa, joista on kerrottu enemmän taulukossa 4. (Käpylehto, 2016, ss. 112-113) (Auvinen, 2018)

TAULUKKO 4 Takamittarointimallin hyödyt & haasteet (Auvinen, 2018)

Hyödyt	Haasteet
Aurinkosähkön tuottamisesta ja asuntojen sähkön kulutuksesta ei tarvitse maksaa energiaperusteisia siirtomaksuja ja sähköveroa	Osakkaat eivät voi enää kilpailuttaa tai sopia omia sähkösopimuksia.
Aurinkosähköä pystytään hyödyntämään koko kiinteistössä ja näin ollen mahdollistetaan isomman sekä suhteessa edullisemmän aurinkovoimalan hankkiminen.	Sähkömarkkinalain pohjalta jokaisella asukkaalla on oikeus valita sähköntoimittajansa. Takamittarointimalliin siirryttäessä taloyhtiön osakalita edellytään yksimielistä päätöstä, joka voi olla hankala saavuttaa.
Asukkaat pystyvät säästämään siirto- ja sähkön-hankintakustannuksista ainankin perusmaksujen osalta.	Jo olemassa olevaan kiinteistöön ei ole teknisesti eikä kokonaistaloudellisesti järkevää vaihtaa sähköyhtiön mittareita taloyhtiön omiin varsinkin, kun asukkaat ovat jo kertalleen maksaneet verkkoyhtiön älykkäät sähkömittarit. Kustannukset pyörivät hintaluokassa 300-800€/osakas.
Mahdollisesti edullisemmat siirto- ja sähkösimukset isona kuluttajaryhmänä suhteessa pienasiakkaisiin.	

Aurinkosähkön takamittarointi



KUVA 10 Aurinkosähkön takamittarointimallin toimintaperiaate (Auvinen, 2018)

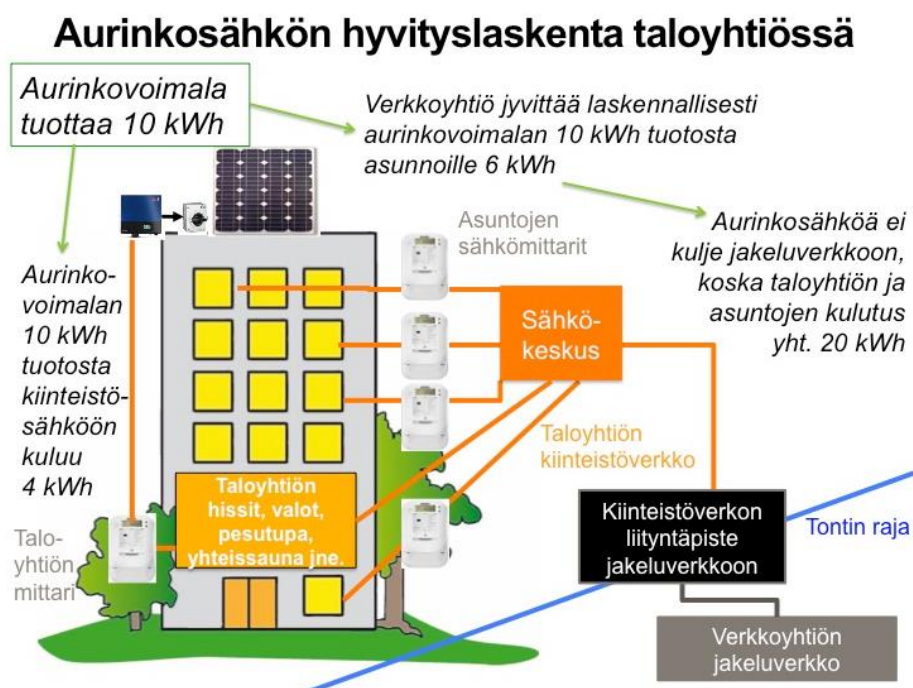
3.2.4 Hyvityslaskentamalli

Kyseisessä mallissa voimala kytkettäisiin taloyhtiön sähkömittariin niin, että syntyvä ylijäämätuotanto kiertäisi asuntojen energiamittareihin taloyhtiön oman kiinteistöverkon sisällä. Tätä toimintaperiaatetta on esitetty tarkemmin kuvassa 11. (Auvinen, 2017)

Hyvityslaskentamalli perustuisi jo olemassa olevien älykkäiden energiamittareiden tuottamaan tietoon. Näin ollen hyvityslaskentamalli olisi hyvin joustava ja nykyaikainen palvelumalli, joka pystyisi hyödyntämään älykkäiden energiamittareiden käyttöpotentiaalin sekä jo tehtyä investointia. Näin ollen tässä mallissa vältettäisiin kalliit mittarointimuutokset. Aurinkovoimalan tuottama sähkö jaettaisiin osakkeiden tai voimalan omistussuhteen perusteella asunnoille. Tämä malli ei myöskään vaikuttaisi asukkaiden sähkösopimuksiin, vaan asukkaat pystyisivät vaihtamaan sähkösopimusta ilman lisäkustannuksia. (Tamminen, 2018)

Sähkömarkkinasta tai sen asetuksista ei löydy sellaista lakipykälää, joka estäisi suoranaisesti hyvityslaskentamallin. Esteitä kuitenkin syntyy, koska sellainen lakipykälä, joka sallisi pientuotannon kiinteistöverkon sisällä puuttuu. (Honkapuro & Auvinen, 2018)

FinSolar-taloyhtiökokeilussa mukana oleva projektipäällikkö Karoliina Auvinen on arvioinut, että vaa-dittava lakimuutos voisi tapahtua aikasintaan vuoden 2019 lopussa tai vuoden 2020 alussa. Ensimmäisessä vaiheessa hyvityslaskentapalvelun piirin pääsisi n. miljoona suomalaista ja loput muutamaa vuotta siirtymävaiheen jälkeen, kunhan Fingrid saisi käyntiin oman hyvityslaskentamallinsa. Tämä johtuu siitä, että kaikki paikalliset verkonhaltijat eivät ole kykeneväisiä tai halukkaita tarjoamaan kyseistä palvelua. (Valli, 2019)



KUVA 11. Toimintaperiaate hyvityslaskentamallissa (Auvinen, 2017)

3.2.5 Liittyminen sähköverkkoon

Jotta laitteisto voidaan kytkeä yleiseen sähköverkkoon, tarvitaan lupa paikalliselta sähköverkkoyhtiöltä. Tässä yhteydessä tulee samalla tarkistettua verkkoinvertteriltä vaadittavat verkonhaltijan vaatimukset. Jos laitteisto hankintaan avaimet käteen –periaatteella taloyhtiön ei tarvitse huolehtia tästä, vaan asennusyritys hoitaa asian.

Energiateollisuus ry on laatinut yleistietolomakkeen (liite 1), joka täytetään ja lähetetään paikalliselle verkonhaltijalle. Yleistietolomakkeeseen täytetään muun muassa seuraavat asiat:

- yhteystiedot (omistaja sekä asentaja)
- käyttöpaikan numero, joka löytyy sähkön siirtolaskusta tai sähkömittarista.
- invertterin valmistaja, malli ja lukumäärä
- invertterin nimellisteho
- laitteiston enimmäisvikavirta
- onko kyseessä 1 vai 3 vaiheinvertteri
- laitteiston täyttämät suojausvaatimukset (Käpylehto, 2016, ss. 126,128)

3.2.6 Sähkön myynti ja eri sopimustyytit

Aurinkosähköjärjestelmä tuottaa asennettuna lähes aina takaisin verkkoon päin myytävää ylituotantoa. Tämän takia pitää solmia sähköyhtiön kanssa sähkönostosopimus jo olemassa olevan sähköyhtiön kuluttajalle tekemän myyntisopimuksen rinnalle. Pohjoismaisen sähköpörssin tunneittain vaihtuvaan spot-hintaan sidottu korvaus on yleisin tarjolla olevista ostosopimuksista. Tässä sopimustyyppissä hinta vaihtelee 2-6 c/kWh, josta sähköyhtiö yleensä vähentää pienen marginaalin. Jotkin sähköyhtiöt tarjoavat niin sanottua pankkisopimusta, joissa sähkösopimukseksi voidaan valita vaihtuva tai kiinteä hinta. Tällöin sähköenergiaa liikutellaan edestakaisin samalla hinnalla ja ylituotantoa siirretään pankkiin, josta sitä voidaan hyödyntää tulevina kuukausina. (Käpylehto, 2016, ss. 96-97,128-130)

3.2.7 Sähkön varastointi

Aurinkosähköpaneelien tuottama sähköenergia pystytään parhaiten varastoimaan käyttämällä akkuja. Ennen aurinkosähköjärjestelmien akkutyypinä ovat toimineet lyijyakut, mutta viime aikoina litiumakut ovat tulleet mukaan markkinoille. Tällä hetkellä akuilla pystytään tunti- ja päivätason varastointiin, kesästä talveen ulottuvaan kausivarastointiin nykYTEKNIikka ei vielä tarjoa käytännön mahdollisuuksia. (Tahkokorpi, ym., 2016, ss. 154-155)

On-grid järjestelmissä, eli verkkoon liitetyissä järjestelmissä akkujen käyttö on kuitenkin vielä suhteellisen vähäistä. Varastoinnin tarve on vähäistä, sillä kun oma aurinkosähköjärjestelmä ei tuota energiaa, pystytään verkon kautta ostamaan muualla tuotettua energiaa. Tällä hetkellä myös akut ovat kalliimpia verrattuna verkkosähkön käyttöön. Kun akkuteknologia paranee ja akkujen hintatasot tulevat alaspäin, tilanne voi kuitenkin olla täysin toinen. Kuitenkin, jos mietitään ekologisia arvoja, voidaan akkujärjestelmästä saada varteenotettava vaihtoehto. (Käpylehto, 2016, ss. 79-80)

Jos päädytään hankkimaan akkujärjestelmä ja halutaan, että se on mahdollisimman pitkäikäinen, tulee akkujärjestelmää huoltaa ja sijoittaa semmoiseen tilaan missä olosuhteet ovat tarkoituksenmukaiset. (Sähkötieto ry, 2016)

ST 52.30.01 Akkuhuoneet ja varaamotilat kohdassa 4 Akkuhuone sanotaan seuraavaa:

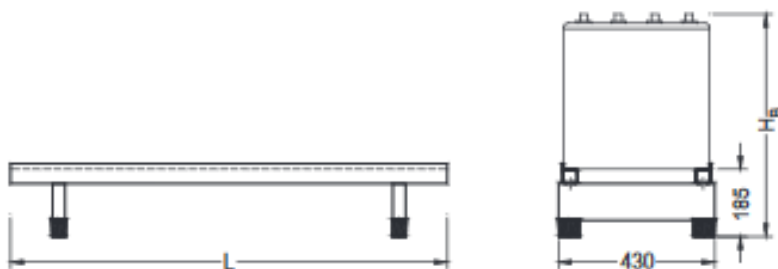
Akkuhuoneen, jossa on avoimia akkuja, tulee olla ikkunaton ja sen pintakäsittelyssä on käytettävä elektrolyyttiä (rikkihappo, lipeä) kestäviä materiaaleja ja maaleja. Etenkin lattia on maalattava tai pinnoitettava siten, että se kestää hyvin elektrolyyttiä. Lattialla voidaan käyttää myös elektrolyytin kestävä tavanomaista tai antistaattista muovimattoa, joka nostetaan noin 10 cm seinille ja kynnykselle. Tällöin syntyy koko huoneen kattava kaukalo, jolloin akku- tai telinekohdaisia vuotoaltaita ei välttämättä tarvita. Mattomateriaalin tulee kestää myös pitkäaikaista hapon/lipeän vaikutusta. Hiiltä sisältävillä antistaattisilla matoilla tämä ominaisuus on tyypillisesti varsin heikko. Mikäli lattia ei ole haponkestävä, tulee avoimien akkujen telineiden alle sijoittaa vuotoallas, johon mahtuu vähintään yhden yksittäisen kennon tai ryhmäakun elektrolyytti. Suljettujen akkujen osalta lattian käsittelyä tai vuotoallasta ei tarvita.

Akkuhuoneessa akut tulee sijoittaa telineille ja tämän lisäksi huoneeseen tulee jädä 80 cm leveä huoltokäytävä

Akkuhuone tulee merkitä oven ulkopuolelta seuraavilla varoitusmerkeillä ja huomautuksilla:

- Vaarallinen jännite, jos akun jännite ylittää 60V (DC).
- Avotulenteko ja tupakointi kielletty.
- Akku, akustotila. Osoittamaan korrosoivaa elektrolyyttiä, räjähtäviä kaasuja, vaarallista jännitettä ja virtaa.

(Sähkötieto ry, 2016)



KUVA 12 Akkuteline (Sähkötieto ry, 2016)

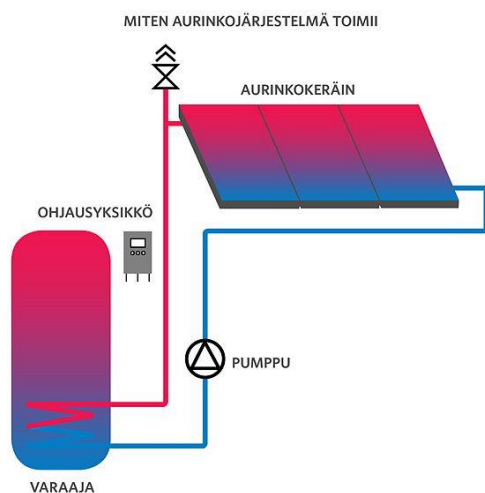
4 AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄT

4.1 Toimintaperiaate

Auringon säteily saapuu aurinkokeräimiin, jonka tehtävänä on muuttaa säteily lämpöenergiaksi. Kun keräimet lämpenevät, niin myös lämmönsiirtoneste tai ilma lämpenee, joka sitten kuljettaa lämpöenergian varaajaan. Varaajaassa olevaa lämpöenergiaa voidaan nyt käyttää esimerkiksi käyttöveden lämmitykseen tai talon lämmitysjärjestelmiin. (Motiva Oy, 2018) (Sundial Finland Oy, ei pvm)

Kuten kuvasta 13 nähdään, aurinkolämpöjärjestelmään kuuluu

- aurinkolämpökeräin, jotka jaetaan kahteen eri ryhmään: nestekiertoisiin ja ilmakeräimiin
- eristetty yhdysputkisto
- varaaja, joka on varustettu aurinkolämpökierukalla
- pumppuyksikkö, joka on varustettu turvalaitteilla sekä paisunta-astialla
- ohjauskeskus, joka saa tiedon säätöön mitta-antureilta (Motiva Oy, 2018)



KUVA 13 Aurinkolämpöjärjestelmän toimintaperiaate (Motiva Oy, 2018)

4.2 Eri aurinkokeräin tyypit ja järjestelmän muut komponentit

Kuten jo aikaisemmin on mainittu, aurinkokeräimet on jaoteltu kahteen eri kategoriaan niiden lämmönsiirtoaineen perusteella. Kuvasta 14 nähdään, että nämä kaksi kategoriaa jaetaan vielä neljään eri malliin.



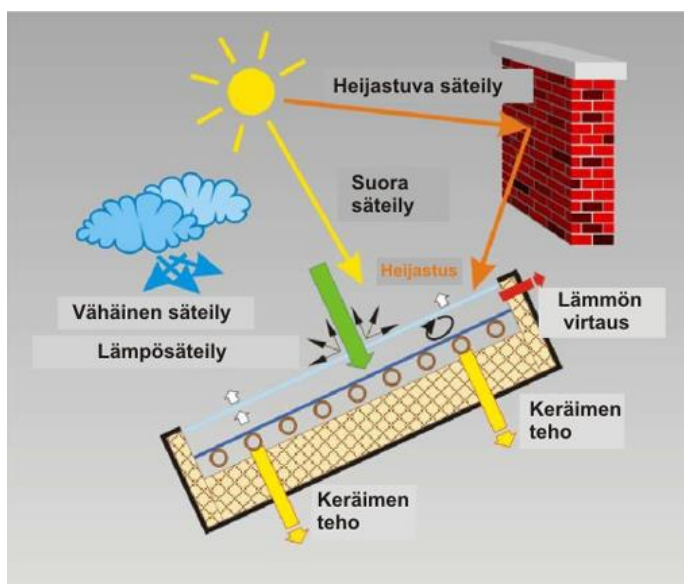
KUVA 14 Aurinkolämpökeräimien kategoriat (Motiva Oy, 2018)

4.2.1 Tasokeräimet

Tasokeräin ottaa auringosta saapuvaa säteilyä vastaan tumman keräilyelementin avulla, joka kattaa melkein koko keräimen pinta-alan. Näin pystytään hyödyntämään keräimien koko pinta-alaa säteilyn vastaanottamiseen. Tämä keräilyelementin tumma pinta absorboi auringon säteilyä ja näin ollen kuumenee. Lämpöä pystytään nyt siirtämään keräinten sisällä oleviin putkiin, jotka on yhdistetty keräinten ylä- ja alareunoissa oleviin kokoojaputkiin. Näissä keräimien sisällä olevissa putkissa virtaa neste, joka on ympärivuotisessa käytössä vesi-glykoliseos. Glykolin tarkoituksena on estää seoksen jäätyminen.

Jotta tasokeräin toimisi laadukkaasti on seuraavien ehtojen täyttyttävä:

- tasokeräimellä on hyvät absorpti ominaisuudet
- lämmöneristys on kunnossa keräinten ja ulkoilman välillä
- lämpöä pystytään siirtämään hyvin lämmönsiirtoaineeseen (Tahkokorpi, ym., 2016, s. 84) (El-Bash, 2015, s. 14)



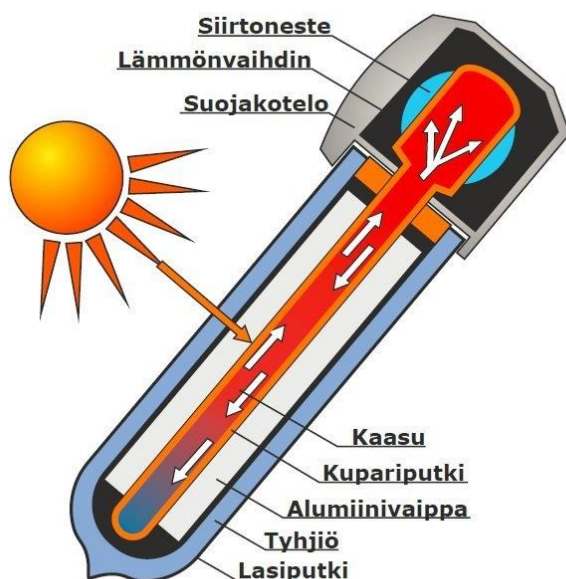
KUVA 15 Tasokeräimen toimintaperiaate (Huipputuotteet, ei pvm)

4.2.2 Tyhjiöputkikeräimet

Tyhjiöputkikeräimien lämmönkeruuputkisto on sijoitettu eristeenä toimivan lasiputken sisälle, joka on imetty tyhjiöksi. Riippuen siitä kuka on valmistanut tyhjiöputkikeräimen, voi keräimen takana olla heijastuspintaa ja näin voidaan aurinkoenergiaa kerätä myös keräimien takapinnalta. Koska tyhjiöputken absorptiopinta on muodoltaan putkimainen, ja lasiputken tyhjiö on erinomainen lämmöneriste estäen absorboitua lämpöä karkaamasta takaisin ulkoilmaan, on lämmöntuotanto varsinkin talvikuukausina parempaa verrattuna tasokeräimiin. Kuitenkin tarkasteltaessa lämpimiä vuodenaikoja ei lämmöntuotannossa ole suuria eroja. (Tahkokorpi, ym., 2016, s. 82) (Promecon Oy, 2012)

Puhuttaessa tyhjiöputkikeräimistä voidaan tarkoittaa kahta erilaista mallia, jotka jaotellaan niiden toimintaperiaatteen mukaan. Nämä mallit ovat:

- "tyhjiöputket, joissa lämmönsiirtoneste kiertää u-muotoisessa tyhjiöputkessa mustan absorboivan pinnan alla".
- "tyhjiöputket, joissa on erillinen suljettu "Heat-Pipe"-lämpöputki. Neste höyrystyy lämpöputkessa suhteellisen matalassa lämpötilassa ja kuljettaa sitomaansa lämpöä lämmönsiirtimeen." (Motiva Oy, 2016)

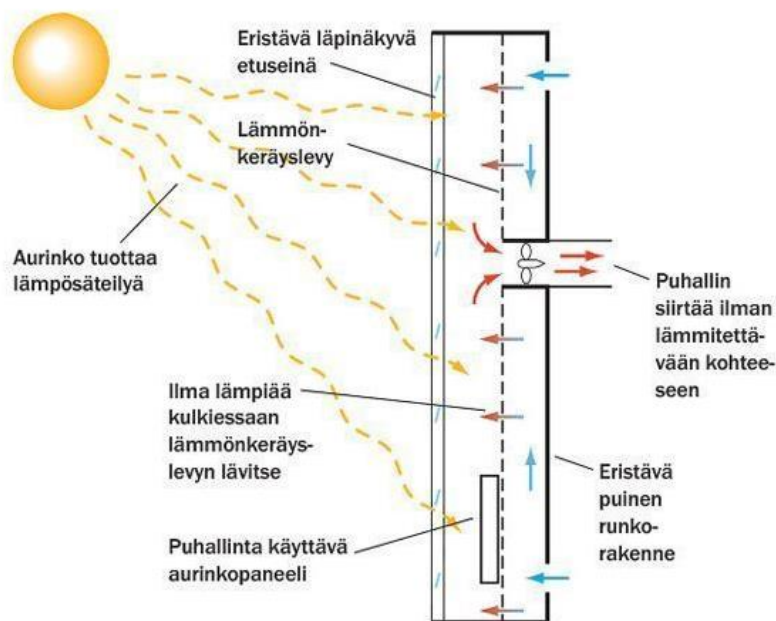


KUVA 16 Tyhjiöputki "Heat-Pipe" toimintaperiaate (Tulituote Oy, ei pvm)

4.2.3 Ilmakeräimet

Ilmakeräimissä lämmönsiirtoaineena toimii nimensä mukaisesti ilma. Ilmakeräimien toimintaperiaate on esitetty kuvassa 16. Koska ilmalla on huonommat lämmönvastaanotto –ja siirtokyvyt nesteeseen verrattuna, hyviä toimintakykyisiä laitteita saadaan rakentamalla absorptioelementtejä, joiden läm-

mönsiirtopinta on suuri. Mikäli ilman avulla halutaan siirtää sama lämpömäärä, kuin esimerkiksi vedellä, tulee ilmamäärän olla n. 4000 kertaa suurempi. Tämä taas johtaa ilmakeräinten kanavien suurempaan kokoon. (Motiva Oy, 2016)



KUVA 17 Ilmakeräimen toimintaperiaate (Motiva Oy, 2016)

4.2.4 Yhdysputkisto

Yhdysputkiston tehtävänä on yhdistää keräimet varaajaan. Putkiston materiaalina käytetään yleensä kuparia tai ruostumatonta terästä. Jotta vältetään suurilta lämpöhäviöiltä, putkisto tulee myös eristää sellaisella materiaalilla, joka kestää korkeat lämpötilat. Tällaisia eristysmateriaaleja ovat esimerkiksi lämpöä kestävät solumuovit tai mineraalivillat. Myös yhdysputkiston pituus vaikuttaa häviöiden syntyyn. Joten jos on mahdollista, kannattaa aurinkokeräimet sijoittaa mahdollisimman lähelle varaajatilaa. (Solpros Ay, 2006, s. 12) (Motiva Oy, 2016)

4.2.5 Varaaja

Koska taloyhtiön tämän hetkisenä lämmitysmuotoina toimivat ilma-vesilämpöpumppu ja kaukolämpö, on varaajan oltava sellainen, mihin pystytään yhdistämään useampia eri lämmitysmuotoja. Tällainen varaaja on malliltaan hybridivaraaja. Hybridivaraajan tehtävänä vesikiertoisissa lämmitysjärjestelmissä on varastoida keräinten tuottamaa energiaa. Tämän jälkeen energiaa voidaan käyttää joko käyttöveden tai kiinteistön lämmittämiseen. Varaajaa voidaankin kutsua aurinkokeräinjärjestelmän sydämeiksi. (Vänttilä, 2014, s. 8)

Varaajat mitoitetaan yleensä periaatteella: 50-100 l/aurinkokeräin m². Kuten kohdassa 2.5 on kerrottu, tyypillisesti asunto-osakeyhtiöön asennettujen aurinkokeräimien pinta-ala on yhteensä 20-100

m². Tämä tarkoittaa sitä, että varaajat voivat olla tilavuudeltaan monia tuhansia litroja. Tällöin käytetään yhden varaajan sijasta useampia pienempiä varaajia, jotta saadan vaadittu varaajakapasiteetti. (Järvenpää, 2014, s. 24)

4.2.6 Pumppu –ja ohjausyksikkö

Pumppuyksikön tehtävänä on kierrättää lämmönsiirtonestettä keräinten ja varaajassa olevan lämmönsiirtimen välillä. Tehtaalta tulevissa malleissa on valmiina asennettuna tarvittavat varoventtiilit, takaiskuventtiilit, lämpöä ja painetta mittaavat mittarit sekä täyttöyhteet. (Motiva Oy, 2016)

Ohjausyksikön tehtävänä on hoitaa keräinpiirissä olevan pumpun käynnistys ja pysäytys tarkkailemalla järjestelmän lämpötiloja antureiden avulla. Antureita on ainakin kaksi kappaletta ja ne sijaitsevat keräimissä ja varaajassa. Ohjausyksikkö pystyy myös estämään varaajan ylikuumentumisen pysäyttämällä kiertopumpun. (Motiva Oy, 2016)

4.2.7 Paisunta-astia

Yhtenä osana keräinpiirinputkistoa on paisunta-astia, jonka tehtävä on tasata putkistossa olevaa painetta, kun lämpötilat vaihtelevat tai nesteen tilavuus muuttuu. Paisunta-astian valinnassa on otettava huomioon tarpeeksi korkea rakennepaine. Rakennepaine määräytyy järjestelmässä olevan varoventtiilin avautumispaineen mukaan. (Ympäristöenergia Oy, ei pvm)

4.2.8 Huolto

Kuten aurinkosähköjärjestelmät myös aurinkolämpöjärjestelmätkin vaativat vain vähäistä huoltoa. On silti tärkeää tarkastaa ja huoltaa järjestelmää tarvittaessa. Näin varmistetaan, että järjestelmä toimii oikein koko käyttöikänsä.

Seuraavat säädöt ja laitteiston muiden osien tarkistukset on tehtävä joka vuosi tai joka toinen vuosi:

- Pumpussa oleva nopeusasetus on suositellun virtausvälin mukainen
- Varoventtiilin oikeanlainen toiminta ohjeiden mukaan
- Joka toinen vuosi tarkastettava paisunta-astian esipaine
- Järjestelmän ilmaus, mikäli se ei ole automaattinen
- Yleinen kaapelien ja liitäntöjen kuntotarkastus

Nämä huoltotoimenpiteet on hyvä kirjata ylös huoltokirjaan, koska säännöllinen huoltojen ja tarkastusten kirjaaminen voivat olla edellytys takuulle. (Motiva Oy, 2016)

Normaaleissa olosuhteissa eli silloin, kun järjestelmä on mitoitettu oikein, on pakkassuojauksen ja keruuliuksen jäätympiste tarkastettava kahden vuoden välein. Jotta keräin ei jäätyisi talvella, on keräinnesteen jäätympiste oltava vähintään -25 °C. Lämpötila vaikuttaa järjestelmän paineeseen, joten on hyvä myös seurata painemittaria. Paineen jatkuva laskeminen saattaa olla merkki järjestelmässä olevasta vuodosta. (Motiva Oy, 2016)

Kun aurinkokeräimille suoritetaan huoltoa, on myös hyvä tehdä samalla huolto –ja puhdistustoimenpiteet varaajalle. Tällöin tehdään silmämääräiset tarkastukset varaajalle ja liitäntöille sekä tarvittaessa kiristetään liitäntöjä. Onkin tärkeää, että nämä toimenpiteet on suorittanut ammattihenkilö, sillä se on usein tuotetakuun ehtona. (Motiva Oy, 2016)

4.2.9 Asennus ja suuntaus

Aurinkokeräinten asennuspaikkaa mietittäessä on erittäin tärkeää huomioida, että aurinkokeräimille on mahdollisimman esteetön auringonpaiste koko päivän ajan. Siten asennuspaikaksi pitää valita sellainen paikka, mihin ei osu varjostuksia ja näin varmistetaan aurinkokeräimen mahdollisimman laadukas toiminta. On hyvä huomioida myös tuulen vaikutus keräimien viilentymiseen ja tätä kautta häviöiden kasvuun. Optimaalinen tilanne olisi asentaa aurinkokeräimet sellaiseen paikkaan, että ne ovat suojassa pohjoisesta tulevilta kylmiltä tuuilta. Keräimen ja varaajan etäisyys kannattaa myös pitää mahdollisimman lyhyenä siirtohäviöiden minimoimiseksi. Yleensä keräimet asennetaan katolle, mutta on myös mahdollista asentaa ne julkisivulle. Tällöin keräimet tuottavat tasaisemmin lämpöenergiaa verrattuna optimaalikulmaan asennettuna. (Tahkokorpi, ym., 2016, ss. 97-98)

Keräimiä suunnattaessa pitää ottaa huomioon ilmansuunta sekä kallistuskulma. Kun keräimet on suunnattu kohti etelää, saadaan suurin vuosituotto ja tällöin n. ± 15 asteen poikkeamat kallistuskulmassa eivät vielä vähennä tuottoa kovinkaan paljoa. Keräinten suora suuntaaminen itään tai länteen vähentää vuosituotannon kokonaismäärää, kun verrataan suoraan etelään suuntaamiseen. (Motiva Oy, 2016)

Suomen leveysasteilla paras kallistuskulma on n. 45 astetta riippuen sijainnista. Etelä-Suomessa hieman pienempi ja Pohjois-Suomessa taas suurempi. Näin pystytään maksimoimaan vuosituotannon kokonaismäärä. 15 asteen poikkeama optimaalisesta kulmasta pienentää vuosituotannon kokonaismäärää n. 5 prosentilla. Se, minä vuodenaikana halutaan maksimoida tuottoa, vaikuttaa myös kallistuskulmaan. Kesäaikaiseen tuoton maksimointiin valitaan loivempi kulma. Silloin kun halutaan käyttää aurinkolämpöä esimerkiksi tilojen lämmitykseen, kannattaa vahvistaa kevään ja syksyn tuotantoa kallistamalla keräimet n. 60 asteen kulmaan. (Motiva Oy, 2016)

Yleensä paras ratkaisu harjakattoisessa rakennuksessa on asennus katon suuntaisesti. Katon suuntaisesti tehty asennus säästää myös rahaa ja on esteettisempi verrattuna siihen, että kulmaa muutetaan keräintelineiden ja tukirakenteiden avulla. Suuremmalla pinta-alalla pystytään korvaamaan virheellisestä suuntauksesta aiheutuneet tuoton vähenemät. (Motiva Oy, 2016)

Kuten jo kohdassa 3.1.5 on mainittu, on myös aurinkokeräin hankkeissa syytä tarkistaa katon kunto, kantavuus ja onko talossa tiedossa lähiaikoina kattoremontti. Näin vältetään keräinten pois ottamiselta remontin ajaksi.



KUVA 18 Kallistuskulman vaikutus tuotantoon (Motiva Oy, 2016)

4.3 Järjestelmän hyödyntäminen taloyhtiössä

Kuten aurinkosähkökin niin myös aurinkolämpö on päästötön ja uusiutuva energian lähde. Vuosi vuodelta aurinkolämmön merkitys ja kiinnostus sitä kohtaan kasvaa. Tämä saakin aikaan aurinkolämpö-liiketoiminnan kasvamisen ja sitä kautta uusien sovelluksien syntymisen. Teknologinen kehitys, energiatehokkuuteen ja hiilidioksidista vapaaseen energiatuotantoon pyrkiminen sekä uusiutuvan energian ohjaukeinat ovatkin keskeisimpiä ohjajia kohti aurinkolämmön lisääntyvää käyttöä. Yksi suurimmista aurinkolämmön haasteista on talven aikainen lämmityskausi, jolloin aurinkolämpöä ei ole juuri tarjolla. (Motiva Oy, 2018)

Koska Suomessa tarvitaan lämmintä vettä ympäri vuoden, on käyttöveden lämmitys tai esilämmitys erinomainen tapa hyödyntää aurinkolämpöä. Suomessa parhaimpaan lopputulokseen päästään, kun lämpöä tuotetaan useammalla toisiaan täydentävällä energialähteellä. Tällöin puhutaan hybridiennergiajärjestelmistä, jolloin aurinkolämmön rinnalla pystyy olemaan esimerkiksi:

- lämpöpumput
- vesitakka tai –kivas
- bioenergia
- öljy
- kaukolämpö

Aurinkolämmön avulla voidaan jopa kaksinkertaistaa lämpöpumpun COP-luku. Tämä luku kertoo sen, kuinka hyvin kulutettu sähköenergia saadaan muuttettua lämpöenergiaksi. Aurinkolämmön avulla myös lämpöpumppujen käynnissäoloajat ja käynnistysmäärät vähenevät, josta seuraa lämpöpumppujen pidempi elinikä. (FinSolar, 2016)

4.3.1 Mitoituksen periaatteet

Jotta aurinkolämmöstä saataisiin mahdollisimman kannattava, on järjestelmä mitoitettava ja sen käyttötarkoitus selvitettävä oikein. Näin käyttöpaikassa pystytään hyödyntämään tuotettua energiaa mahdollisimman tehokkaasti. Mahdollisimman alhainen energian hinta ja parempi omavaraisuus kesäisin ovat esimerkkejä, jotka voivat toimia järjestelmän mitoituksen kulmakivinä. (Motiva Oy, 2016)

Koska kesäisin saatava aurinkolämmön tuotto on suurimmillaan, mutta yleisesti ottaen energiakulutus taas vähäistä, tulee mitoituksessa ottaa huomioon kesäaikaisen kulutuksen kattaminen aurinkolämmöllä. Näin pystytään optimoimaan järjestelmän koko ja samalla saavutetaan lyhyempi takaisinmaksuaika. (Vilpas, 2017, s. 15)

Alla on listattuna seuraavia perustietoja, joiden avulla mitoitus pystytään tekemään:

- Kokonaisenergian tarve ja sen muutokset kohteessa
- Asukkaiden lukumäärä
- Asennuspaikan tekniset tiedot
- Mikä on nykyinen lämmitysjärjestelmä sekä onko jo olemassa varaaja
- Yrityksen tai suunnittelijan on perehdyttävä LVI- ja arkkitehtipiirustuksiin sekä veden –ja lämmönkulutustietoihin.

On kuitenkin hyvä tiedostaa, että mitä tarkemmat ovat lähtötiedot, sitä paremmin mitoitus onnistuu. (Motiva Oy, 2016)

5 AURINKOENERGIAN SOVELTUVUUS AS. OY MAININKIKATU 9

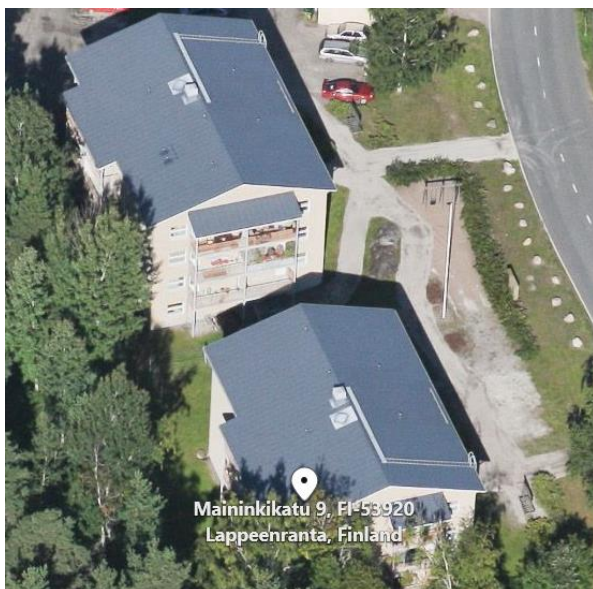
5.1 Kohteen tiedot

Tarkasteltava taloyhtiö sijaitsee Etelä-Karjalassa Lappeenrannan kaupungissa. Taloyhtiöön kuuluu kaksi vuonna 1991 rakennettua kolmekerroksista kerrostaloa. Taloyhtiön lämmönlähteinä toimivat vuonna 2016 asennetut kaksi ilma-vesilämpöpumppua sekä kaukolämpö.

Kattotyypinä kyseisissä taloissa toimii konesaumattu peltiharjakatto, joka on n. 30 asteen kulmassa. Kattojen lappeet suuntautuvat lounaaseen ja koilliseen. Lounaan puoleinen suunta tarjoaa paremmat edellytykset paneelien tai keräinten suunnaksi paremman vuosituotannon takia. Tulevissa laskelmissa käytetään siis paneelien kallistuskulmana 30 astetta ja atsimuutikulmana 51 astetta. Lappeen pinta-ala on n. 170 m², josta oletetaan n. 130 m² olevan mahdollista asennuspinta-alaa. Kuvista 19 ja 20 huomataan, että talojen yhteen kulmaan syntyy hieman varjostuksia läheisistä kasvillisuuksista. Tämä on otettava siis huomioon asennuspaikkaa mietittäessä, jotta varsinkin paneeleista saataisiin mahdollisimman suuri hyöty.



KUVA 19 Ilmakuva taloista (Maanmittauslaitos, ei pvm)



KUVA 20 Ilmakuva taloista (Microsoft Corporation, 2019)

5.2 Lupa-asiat ja paloturvallisuus

Lupa-asioita varten olin yhteydessä Lappeenrannan kaupungin rakennusvalvontaan. Heiltä sain vastaukseksi seuraavanlaisia tietoja:

- Mikäli aurinkopaneelit tai aurinkokeräimet on sijoitettu katon lappeen suuntaisesti, toimenpide ei edellytä lupaa tai ilmoitusta.
 - Jälkiasennettuna ne eivät saa aiheuttaa kohtuutonta haittaa naapurustolle tai ympäristölle.
 - ”Kulttuurihistoriallisesti arvokkaiden rakennetun ympäristön kohteiden ominaispiirteiden säilymiseen tulee kiinnittää huomiota. Tämä koskee erityisesti eriasteisilla suojelumerkinnöillä osoitettuja kohteita ja alueita, mutta myös muita arvokkaiksi tunnistettavia kohteita ja alueita.”
 - Aurinkopaneeleilta ja aurinkokeräimiltä edellytetään aina lupaa, mikäli rakennus on suojeltu asemakaavalla tai oikeusvaikutteisella yleiskaavalla.
 - Valmistajien asennusohjeita on tärkeää noudattaa paloturvallisuuden takia.
 - Kuten jo kohdassa 3.2.5 todettiin, on verkonhaltijalle tehtävä ilmoitus. Tässä tapauksessa se on Lappeenrannan Energiaverkot Oy.
- (Lappeenrannan kaupunki, 2016)

Aurinkopaneelien paloturvallisuuteen liittyvissä asioissa ei ole määritelty yhtenäisiä säännöksiä tai vaatimuksia pelastusviranomaisille ilmoittamisesta. Etelä-Karjalan pelastuslaitos on kuitenkin antanut seuraavanlaisia ohjeita paloturvallisuuteen liittyen:

- Järjestelmän toiminnasta informointi pelastusviranomaisille, jotta heidän on turvallista työskennellä kohteessa mahdollisen pelastustoimenpiteen aikana.
- Järjestelmä on varustettava kahdella turvakytkimellä, joista toinen on invertterillä ja toinen katolla.

- Paneelien asennus ensisijaisesti palamattomalle alustalle. Jos tämä ei ole mahdollista niin panelit tulee nostaa tarpeeksi korkealle palavasta materiaalista telineiden avulla. (Lappeenrannan Seudun Ympäristötiimi, 2018, ss. 19-20)

5.3 Hankintapolku taloyhtiössä

Jotta taloyhtiö voi päättää investoivatko he aurinkosähköjärjestelmään, -lämpöjärjestelmään tai moollempiin kattamaan kiinteistön energiankulutusta, on heidän tarkasteltava energiaratkaisuja kokonaisvaltaisesti. Mikäli yhtiön kulut ja yhtiövastike pienenevät, taloyhtiön on helppo tehdä päätös investoinnista. Tässä tapauksessa investointia pystytään myös perustelemaan yhtiön kaikille osakkaille. (FinSolar, 2015)



KUVA 21 Taloyhtiön hankintapolku (FinSolar, 2015)

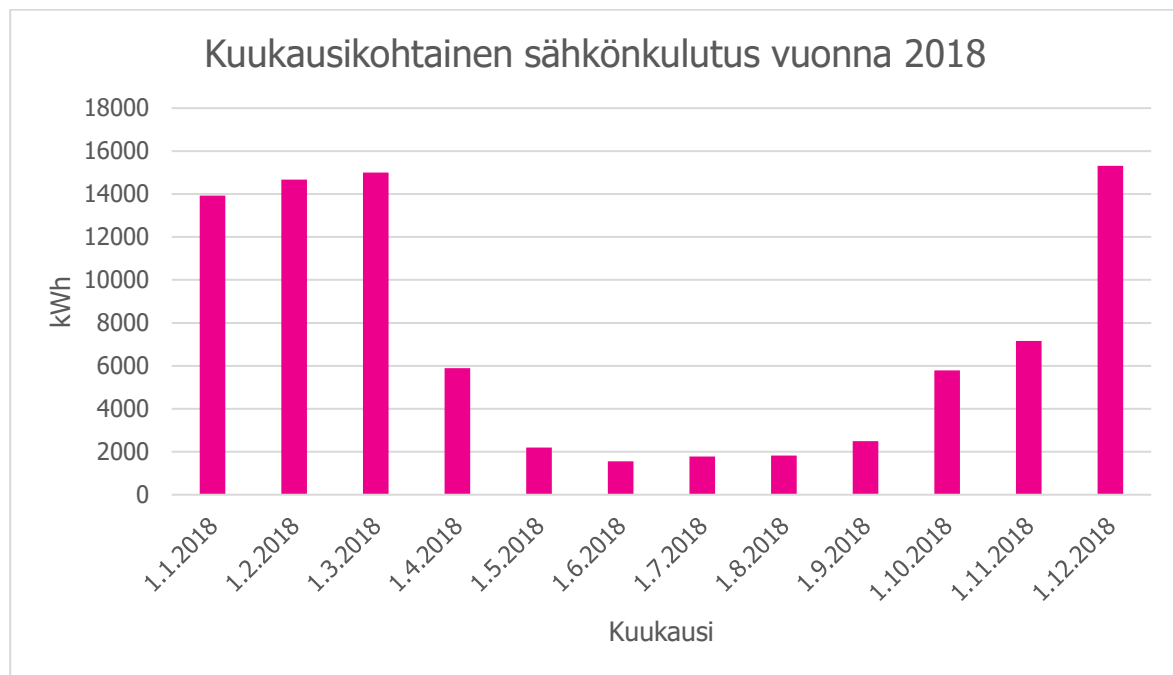
5.4 Taloyhtiön tukimahdollisuudet

Tällä hetkellä taloyhtiöt eivät kuulu Työ- ja elinkeinoministeriön energiatuen piiriin, mutta mikäli taloyhtiössä on kunnan tai yritysten tiloja on mahdollista saada energiatukea. (Auvinen, 2017)

6 AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN HANKINTA

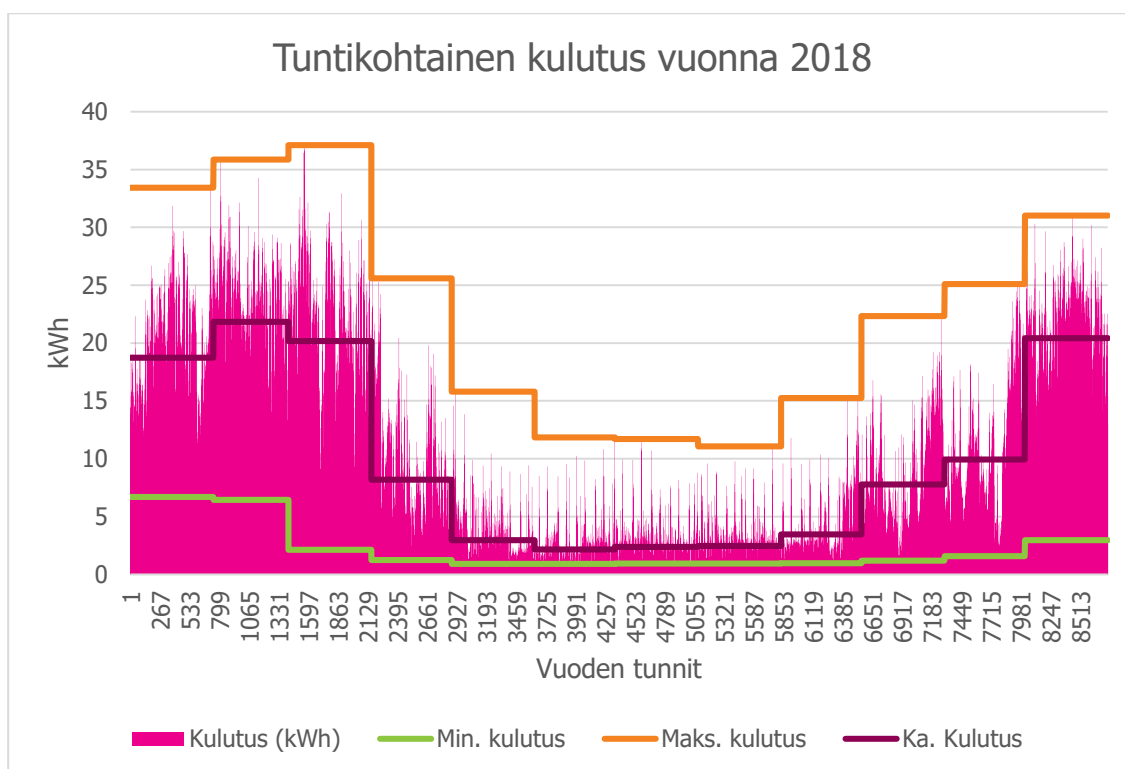
6.1 Kohteen sähkönkulutus

Kohteen sähkönkulutuksen tiedot on saatu Lappeenrannan Energian hallinnoimalta MinunEnergia-sivustolta. Kohteen vuosikulutus vuonna 2018 on ollut 87609 kWh, joka on esitetty kuukausitasolla kuvassa 22. Kohteen sähkönkulutuksen muodostavat pääasiassa ilma-vesilämpöpumput, valaistukset, autolämmityspistorasiat ja talosauna. Koska näiden käyttö on kesäisin paljon vähempää, on myös kesäkulutus reilusti pienempi verrattuna talvikulutukseen.



KUVA 22 Kuukausikohtainen sähkönkulutus

Kuukausikohtainen sähkönkulutuksen tarkastelu ja tämän kautta aurinkosähköjärjestelmän mitoitus ei ole kuitenkaan järkevää, koska näin ei pystytä huomaamaan päivän sisällä tapahtuvia kulutuksen muutoksia. Tämä voi johtaa helposti ylimitoitettuun järjestelmään, jossa sähköä myydään takaisin verkkoon enemmän kuin haluttaisiin. Tämän takia kulutusta tarkastellaankin tuntitasolla, joka on esitetty kuvassa 23. Kohteen keskiteho vaihtelee vuodessa 0,91 kW:n - 37,11 kW:n välillä ja on keskiarvoisesti n. 10 kW. Kuitenkin kesäkuukausien aikana keskimääräinen keskiteho on vain n. 3 kW.



KUVA 23 Tuntikohtainen kulutus koko vuodelta

6.2 Aurinkosähköjärjestelmän koko

Kohteen vähäinen keskimääräinen keskiteho (n. 3 kW) kesäkuukausina, eli silloin kun aurinkosähköjärjestelmällä pystyttäisiin tuottamaan eniten sähköä, asettaa rajoituksia mikäli halutaan välttyä tuotetun sähkön takaisinmyynniltä verkkoyhtiölle. Tehdään aluksi tekninen laskelma 5 kWp järjestelmälle, jolla voidaan olettaa, että sähkönmyyntiä takaisin verkkoon päin ei olisi kovin paljon. Otetaan vertailuun myös 10 ja 15 kWp järjestelmät, jotta vuosituotannolla pystyttäisiin kattamaan suurempi osa taloyhtiön vuosikulutuksesta.

Euroopan komission ylläpitämällä PVGIS-laskurilla oli mahdollista saada arvioidut tuntikohtaiset tuotannot yllämainituille järjestelmäkokoiluokille, jotka perustuvat sää tietoihin ajankohdalle 1.1.2016-31.12.2016. (European Commission, 2017)

Laskuriin piti määrittää paneelien kallistukulma (30°), atsimuuttikulma (51°). Näiden jälkeen laskuriin sijoitettiin aurinkopaneeleiden tyyppi, järjestelmän nimellisteho sekä järjestelmän häviöt. Paneelien tyypeiksi valittiin pii-aurinkokennot ja järjestelmän häviöiden annettiin olla samat kuin ohjelma ehdottaa eli 14 %. Laskurin arvioidut tuotantotehot saatiin watteina (W), joten tulokset muutettiin vielä kilowateiksi (kW). Nämä pystyttiin sitten siirtämään samaan Excel-tiedostoon kohteen tuntisähkönkulutusdatan kanssa, joka saatiin Lappeenrannan Energian hallinnoimalta MinunEnergia-sivustolta.

Mahdolliseksi sähköntuotannon ajankohdaksi oletetaan maaliskuu-lokakuu, joten kokonaistuotannoksi tämän ajankohdan ulkopuolella oletetaan 0 kWh. Tämä oletus tehdään lumipeitteen takia, jota PVGIS-laskuri ei luultavammin ota huomioon.

Cursor:

Selected: 61.077, 28.160

Elevation (m): 68

Use terrain shadows:

Calculated horizon

Upload horizon file

[Download csv](#)

GRID CONNECTED

TRACKING PV

OFF-GRID

MONTHLY DATA

DAILY DATA

HOURLY DATA

TMY

⌚ **HOURLY RADIATION DATA**
?

Solar radiation database* PVGIS-ERA5

Start year:* 2015 End year:* 2016

Mounting type:*

Fixed Vertical axis Inclined axis Two-axis

Slope [°] 30 Optimize slope

Azimuth [°] 51 Optimize slope and azimuth

PV power

PV technology* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]* 10

System loss [%]* 14

Radiation components

[Download csv](#)

KUVA 24 PVGIS-laskurin käyttönäkymä

Järjestelmän omakäyttösuhdetta, myyntiin menevän sähkön osuutta ja aurinkosähkön osuutta kokonaiskulutuksesta arvioitiin seuraavanlaisilla kaavoilla: (Pesonen, 2016, ss. 48,50)

$$\text{Omakäyttösuhde (\%)} = \frac{\text{Omaan käyttöön menevän sähkön osuus (kWh)}}{\text{Kokonaistuotanto (kWh)}} * 100 \% \quad (1)$$

$$\text{Myyntiin menevän sähkön osuus (\%)} = \frac{\text{Myyntiin menevän sähkön osuus (kWh)}}{\text{Kokonaistuotanto (kWh)}} * 100 \% \quad (2)$$

$$\text{Aurinkosähkön osuus kokonaiskulutuksesta (\%)} = \frac{\text{Kokonaistuotanto (kWh)}}{\text{Kokonaiskulutus (kWh)}} * 100 \% \quad (3)$$

Järjestelmän pinta-alaa arvioitiin kaavalla:

$$\text{Arvioitu pinta - ala (m}^2\text{)} = \frac{\text{Järjestelmän teho (W}_p\text{)}}{250} * 1,7 \quad (4)$$

Kyseisen kaavan käyttö perustuu FinSolar-sivustolta löytyvän aurinkosähkön kannattavuuslaskurin käyttämään kaavaan. (FinSolar, 2015)

6.3 Investointi aurinkosähköjärjestelmässä

Laskettaessa syntyviä säästöjä ja takaisinmaksuaikoja käytetään taloyhtiön sähkön ostohintana 0,117 €/kWh. Tähän summaan sisältyy sähkön siirtohintaa+sähkövero+sähköenergian hinta+alv 24%

Aurinkosähkön myyntihintana on käytetty pohjoismaisen sähköpörssin vuoden 2018 keskiarvollista spot-hintaa (4,7 snt/kWh) josta on vähennetty 0,2 snt/kWh. Tämä on välityspalkkio, minkä Väre Oy ottaa, kun heille myydään ylijäämätuotantoa. Oletetaan siis, että myynti tapahtuu heille. Aurinkosähkön myyntihinnaksi muodostuu näin n. 4,5 snt/kWh.

Järjestelmien hintoina käytetään kohdassa 2.5 esitettyjä keskiarvohintoja erikokoisille järjestelmille, jotka ovat seuraavat:

- 5 kWp järjestelmän arvioitu kokonaishinta = 5 kWp x 1770 €/kWp = 8850 €
- 10 kWp järjestelmän arvioitu kokonaishinta = 10 kWp x 1350 €/kWp = 13500 €
- 15 kWp järjestelmän arvioitu kokonaishinta = 15 kWp x 1350 €/kWp = 20250 €

Investoinnin kannattavuutta tarkastellaan Excel-laskurin avulla, joka on tehty mukailien FinSolar-sivustolta löytyvää aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuria. (FinSolar, 2015)

Excel-laskurissa kannattavuutta tarkastellaan kolmella eri menetelmällä, jotka ovat:

- nettonykyarvomenetelmä (NPV)
- sisäinen korkokanta (IRR)
- takaisinmaksuaika. (TMA)

Näistä vaihtoehdoista selkeimmäksi kannattavuuden mittariksi osoittautui sisäinen korkokanta, joten ratkaistaan vertailukohteiden paras kannattavuus sen avulla.

Pelkkään takaisinmaksuaikaan perustuva kannattavuuden arviointimenetelmä ei ole järkevä, paneelit ovat pitkäikäisiä n. 30 vuotta sekä teknisesti toimintavarmoja. Menetelmä ei ota huomioon energiahinnan tai rahan arvon vuosittaista kehitystä eikä se huomioi saatavia tuottoja takaisinmaksuajan jälkeen. Voidaankin sanoa, että takaisinmaksuaika ei kerro kannattavuudesta, vaan rahoitusvaikutuksista. (Motiva Oy, 2018)

Nettonykyarvomenetelmällä voidaan laskea investoinnin nykyarvo, joka muodostuu tulo- ja menovirtojen nykyarvojen erotuksesta. Tässä menetelmässä investoinnin elinkaaren aikana syntyvät menot ja tulot diskontataan nykyhetkeen valitun laskentakoron avulla.

- $NPV \geq 0$ on investointi kannattava ja mitä suurempi nykyarvo on, sitä kannattavampi investointi on.
- NPV:n olessa ≤ 0 investointi ei ole kannattava. (Motiva Oy, 2018) (Lehto, ym., 2017, s. 68)

Tarkastellessani jo tehtyjä kannattavuuslaskelmia taloyhtiöiden aurinkosähköjärjestelmille huomasin, että tyypillisesti laskentakorkona on käytetty 2 %. Oletetaan tämä luotettavaksi arvoksi, joten myös näissä laskelmissa laskentakorkona käytetään 2 %. (Käpylehto, 2016, s. 111)

Sisäisen korkokannan menetelmän tarkoituksena on selvittää se laskentakoron arvo, jolla saadaan investoinnin nykyarvoksi nolla. Kun tämä arvo (0) on löydetty, voidaan investoinnin sisäistä korkoa verrata määritettyyn laskentakorkokantaan. Investointi katsotaan silloin kannattavaksi, kun sisäinen korkokanta on suurempi kuin määritetty laskentakorko. Investoinnin kannattavuus kasvaa sen perusteella miten paljon suurempi erotus on sisäinen korko ja laskentakorko välillä. Näissä kannattavuuslaskelmissa investointi on kannattavaa, mikäli sisäinen korko > 2 %. (Käkönen, 2012, s. 22)

TAULUKKO 5 Lähtötiedot investointilaskelmille

<i>Lähtötiedot</i>		
<i>Ostetun sähkön hinta</i>	<i>0,117</i>	<i>€/kWh</i>
<i>Myydyn sähkön hinta</i>	<i>0,045</i>	<i>€/kWh</i>
<i>Sähkön hinnan kehitys</i>	<i>0,2 ja 4</i>	<i>%/a</i>
<i>Paneelien tehon heikkenemä</i>	<i>-0,7</i>	<i>%/a</i>
<i>Tarkastelujakson pituus</i>	<i>30</i>	<i>a</i>
<i>Laskentakorko</i>	<i>2</i>	<i>%</i>

7 5 KWP JÄRJESTELMÄ

7.1 Mitoitus

Käyttämällä kaavaa 1 saadaan vaadittavaksi pinta-alaksi:

$$\frac{5000 W_p}{250} * 1,7 = 37 m^2$$

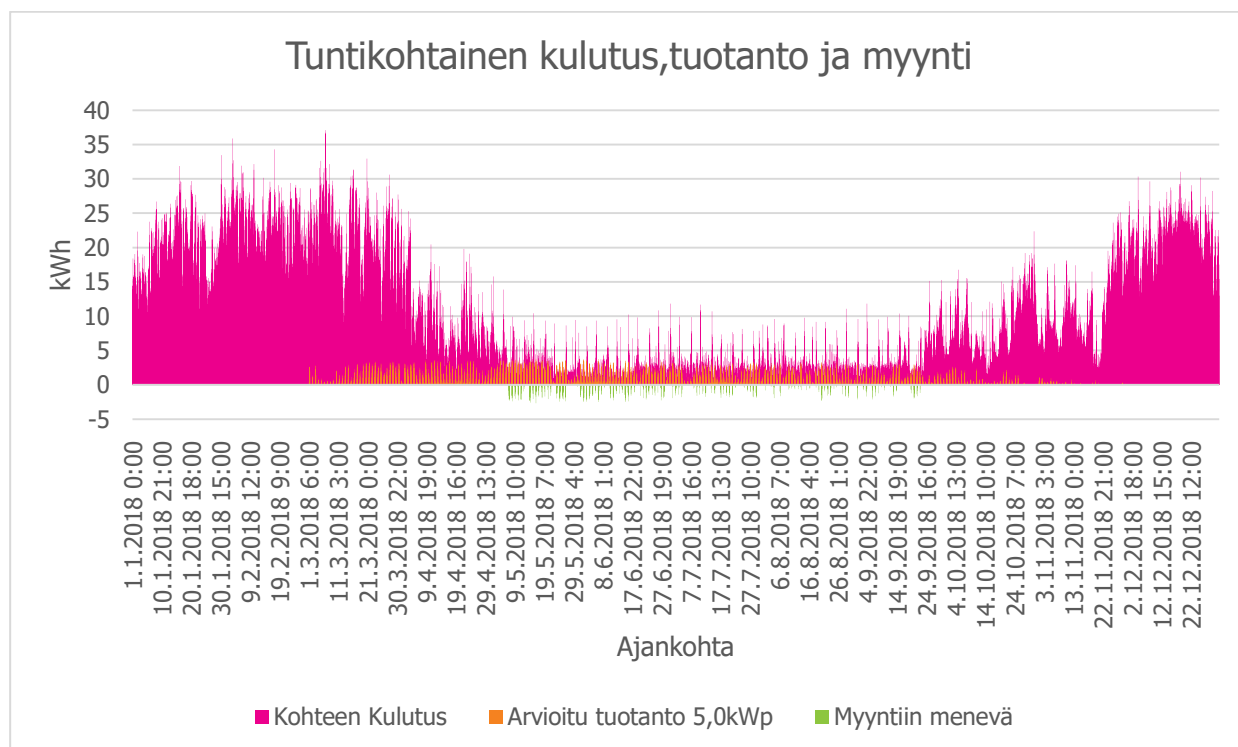
5 kWp järjestelmä voitaisiin siis sijoittaa yhden talon lounaanpuoleiselle lappeelle.

Käyttämällä PVGIS-laskurin antamia tuntiakohtaisia tuotantotehoja 5 kWp järjestelmälle sekä sovittamalla ne samaan Excel-tiedostoon tuntiakohtaisen kulutusdatan kanssa ja olettamalla mahdollisiksi tuotantokuukauksiksi maaliskuu-lokakuu, saadan kuvan 25 mukainen kuvaaja. Koko vuoden aikana kyseinen järjestelmä pystyisi tuottamaan sähköä n. 3928 kWh, omaan käyttöön menisi n. 3424 kWh ja verkkoyhtiölle myytävää sähköä tulisi n. 504 kWh:n verran. Sijoittamalla näitä arvoja kaavoihin 1, 2 ja 3 saadaan seuraavanlaisia prosenttiosuuksia:

$$\text{Omakäyttösuhde (\%)} = \frac{3424 \text{ kWh}}{3928 \text{ kWh}} * 100 \% = 87 \%$$

$$\text{Myyntiin menevän sähkön osuus (\%)} = \frac{504 \text{ kWh}}{3928 \text{ kWh}} * 100 \% = 13 \%$$

$$\text{Aurinkosähkön osuus kokonaiskulutuksesta (\%)} = \frac{3928 \text{ kWh}}{87609 \text{ kWh}} * 100 \% = 4 \%$$



KUVA 25 Tuntikohtaisen kulutuksen, tuotannon ja myynnin kohtaaminen 5 kWp järjestelmällä

7.2 Kannattavuus

Kannattavuuslaskelmissa vertaillaan 0 %:n, 2 %:n ja 4 %:n sähkönhinnan vuosittaista nousua. Paneelien tehonheikkenemäksi oletetaan -0,7 %/ sekä investoinnin laskentakoroksi 2 %. Järjestelmän hankintahintana pidetään 8850 € + invertterin vaihdosta aiheutuvat kustannukset, koska se joudutaan vaihtamaan ainakin kerran järjestelmän elinaikana. Vaihdoista aiheutuvien kulujen oletetaan olevan 10 % järjestelmän hankintahinnasta (885 €). Näin ollen järjestelmä tulee maksamaan 30 vuoden tarkastelujakson aikana 8850 € + 885 € = 9735 €. Laskuissa ei oteta huomioon mahdollisia huolto/puhdistus toimenpiteitä, koska oletetaan niiden olevan vähäisiä.

TAULUKKO 6 Investointilaskelman tuloksia 5 kWp järjestelmälle

	<i>Laskentakorko 2%</i>		
Sähkön hinnan nousu (%/a)	0%/a	2%/a	4%/a
Nettonykyarvo (€)	1 054 €	1 490 €	5 135 €
Takaisinmaksuaika (a)	>30	25	21
Sisäinen korkokanta IRR (%)	1,14	3,02	4,9

Taulukosta 6 nähdään, että:

- sähkön hinnan nousun ollessa 0 %/a sekä paneelien tehonheikkemän ollessa -0,7 %/a ja investoinnin laskentakoron ollessa 2 %, järjestelmä ei olisi maksanut vielä itseään takaisin 30 vuoden tarkastelujakson aikana sekä olisi 1054 € tappiolla. Sisäinen korkokanta = 1,14 % < 2 % eli investointi ei ole kannattava.
- sähkön hinnan nousun ollessa 2 %/a sekä paneelien tehonheikkemän ollessa -0,7 %/a ja investoinnin laskentakoron ollessa 2 %, järjestelmä olisi maksanut itsensä takaisin 25 vuodessa. Investointi olisi nettonykyarvon mukaisesti 1490 € voitolla. Sisäinen korkokanta = 3,02 % > 2 % eli investointi on kannattava.
- sähkön hinnan nousun ollessa 4 %/a sekä paneelien tehonheikkemän ollessa -0,7 %/a ja investoinnin laskentakoron ollessa 2 %, järjestelmä olisi maksanut itsensä takaisin 21 vuodessa. Investointi olisi nettonykyarvon mukaisesti 5135€ voitolla. Sisäinen korkokanta = 4,9 % > 2 % eli investointi on kannattava.

8 10 KWP JÄRJESTELMÄ

8.1 Mitoitus

Käyttämällä kaavaa 1 saadaan vaadittavaksi pinta-alaksi:

$$\text{Arvioitu pinta - ala (m}^2\text{)} = \frac{10000 W_p}{250} * 1,7 = 68 \text{ m}^2$$

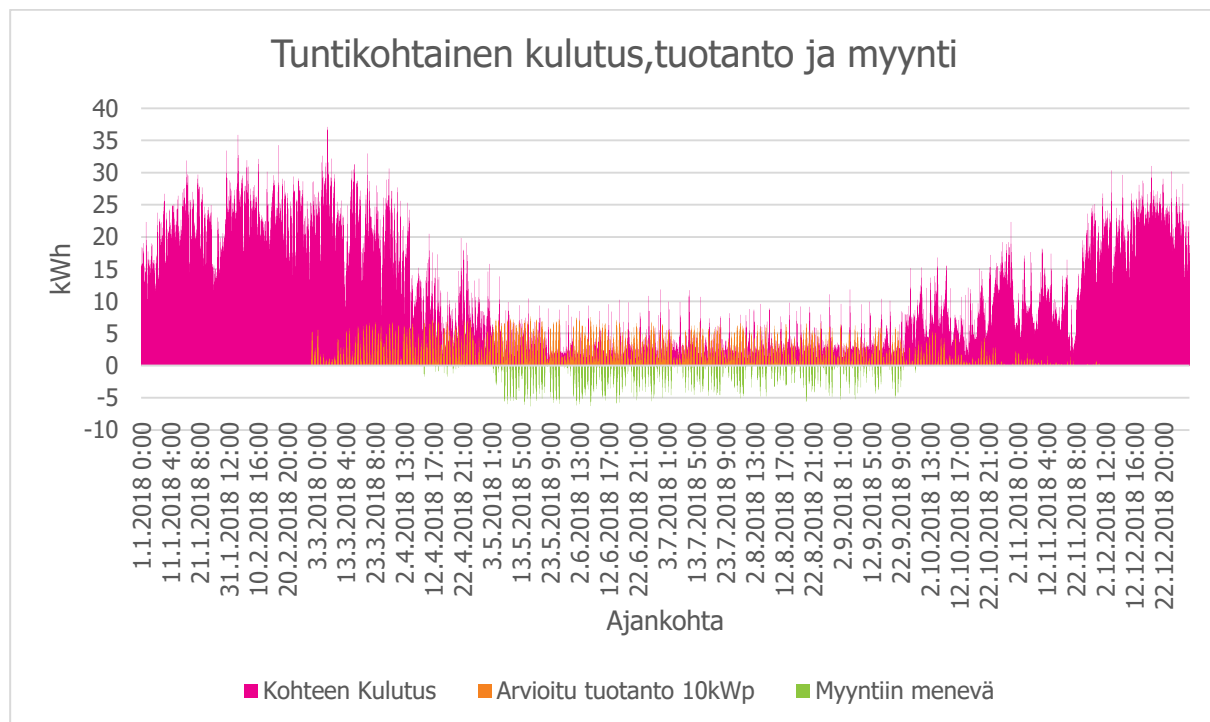
10 kWp järjestelmä voitaisiin siis sijoittaa yhden talon lounaanpuoleiselle lappeelle.

Käyttämällä PVGIS-laskurin antamia tuntikohtaisia tuotantotietoja 10 kWp järjestelmälle sekä sovitamalla ne samaan Excel-tiedostoon tuntikohtaisen kulutusdatan kanssa ja olettamalla mahdollisiksi tuotantokuukauksiksi maaliskuu-lokakuu, saadan kuvan 26 mukainen kuvaaja. Koko vuoden aikana kyseinen järjestelmä pystyisi tuottamaan sähköä n. 7856 kWh, omaan käyttöön menisi n. 5653 kWh ja verkkoyhtiölle myytävää sähköä tulisi n. 2203 kWh:n verran. Sijoittamalla näitä arvoja kaavoihin 1, 2 ja 3 saadaan seuraavanlaisia prosenttiosuuksia:

$$\text{Omakäyttösuhde (\%)} = \frac{5653 \text{ kWh}}{7856 \text{ kWh}} * 100 \% = 72 \%$$

$$\text{Myyntiin menevän sähkön osuus(\%)} = \frac{2203 \text{ kWh}}{7856 \text{ kWh}} * 100 \% = 28 \%$$

$$\text{Aurinkosähkön osuus kokonaiskulutuksesta (\%)} = \frac{7856 \text{ kWh}}{87609 \text{ kWh}} * 100 \% = 9 \%$$



KUVA 26 Tuntikohtaisen kulutuksen, tuotannon ja myynnin kohtaaminen 10kWp järjestelmällä

8.2 Kannattavuus

Kannattavuuslaskelmissa vertaillaan 0 %:n, 2 %:n ja 4 %:n sähkönhinnan vuosittaista nousua. Paneelien tehonheikkenemäksi oletetaan -0,7 %/a sekä investoinnin laskentakoroksi 2 %. Järjestelmän hankintahintana pidetään 13500 € + invertterin vaihdosta aiheutuvat kustannukset, koska se joudutaan vaihtamaan ainakin kerran järjestelmän elinaikana. Vaihdosta aiheutuvien kulujen oletetaan olevan 10 % järjestelmän hankintahinnasta (1350 €). Näin ollen järjestelmä tulee maksamaan 30 vuoden tarkastelujakson aikana 13500 € + 1350 € = 14850 €. Laskuissa ei oteta huomioon mahdollisia huolto/puhdistus toimenpiteitä, koska oletetaan niiden olevan vähäisiä.

TAULUKKO 7 Investointilaskelman tuloksia 10 kWp järjestelmälle

	Laskentakorko 2%		
	0 %/a	2 %/a	4 %/a
Sähkön hinnan nousu (%/a)	0 %/a	2 %/a	4 %/a
Nettonykyarvo (€)	713 €	5 290 €	11 848 €
Takaisinmaksuaika (a)	28	22	18
Sisäinen korkokanta IRR(%)	2,36	4,26	6,15

Taulukosta 7 nähdään, että:

- sähkön hinnan nousun ollessa 0 %/a sekä paneelien tehonheikkemän ollessa -0,7 %/a ja investoinnin laskentakoron ollessa 2 %, järjestelmä olisi maksanut itsensä takaisin 28 vuodessa. Investointi olisi nettonykyarvon mukaisesti 713 € voitolla. Sisäinen korkokanta = 2,36 % > 2 % eli investointi on kannattava.
- sähkön hinnan nousun ollessa 2 %/a sekä paneelien tehonheikkemän ollessa -0,7 %/a ja investoinnin laskentakoron ollessa 2 %, järjestelmä olisi maksanut itsensä takaisin 22 vuodessa. Investointi olisi nettonykyarvon mukaisesti 5290 € voitolla. Sisäinen korkokanta = 4,26 % > 2 % eli investointi on kannattava.
- sähkön hinnan nousun ollessa 4 %/a sekä paneelien tehonheikkemän ollessa -0,7 %/a ja investoinnin laskentakoron ollessa 2 %, järjestelmä olisi maksanut itsensä takaisin 18 vuodessa. Investointi olisi nettonykyarvon mukaisesti 11848 € voitolla. Sisäinen korkokanta = 6,15 % > 2 % eli investointi on kannattava.

9 15 KWP JÄRJESTELMÄ

9.1 Mitoitus

Käyttämällä kaavaa 1 saadaan vaadittavaksi pinta-alaksi:

$$\text{Arvioitu pinta - ala (m}^2\text{)} = \frac{15000 W_p}{250} * 1,7 = 102 \text{ m}^2$$

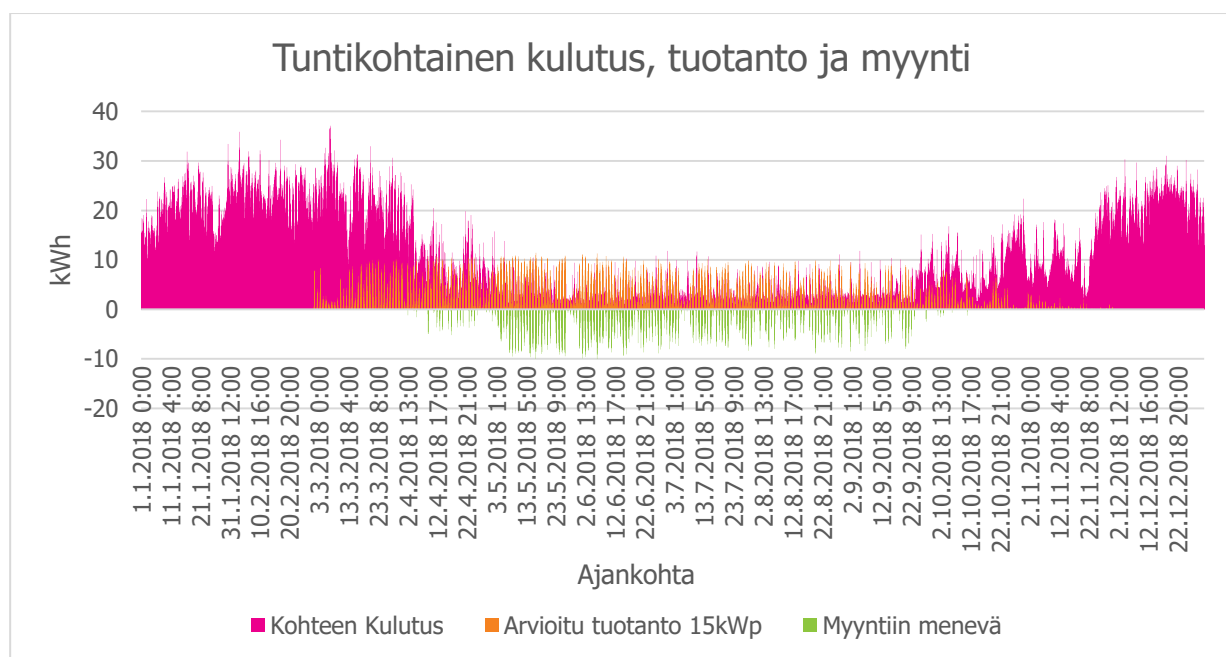
10kWp järjestelmä voitaisiin siis sijoittaa yhden talon lounaanpuoleiselle lappelle.

Käyttämällä PVGIS-laskurin antamia tuntikohtaisia tuotantotehoja 15 kWp järjestelmälle sekä sovittamalla ne samaan Excel-tiedostoon tuntikohtaisen kulutusdatan kanssa ja olettamalla mahdolliseksi tuotantokuukauksiksi maaliskuu-lokakuu, saadan kuvan 27 mukainen kuvaaja. Koko vuoden aikana kyseinen järjestelmä pystyisi tuottamaan sähköä n. 11784 kWh, omaan käyttöön menisi n. 7247 kWh ja verkkoyhtiölle myytävää sähköä tulisi n. 4537 kWh:n verran. Sijoittamalla näitä arvoja kaavoihin 1, 2 ja 3 saadaan seuraavanlaisia prosenttiosuuksia:

$$\text{Omakäyttösuhde (\%)} = \frac{7247 \text{ kWh}}{11784 \text{ kWh}} * 100 \% = 61 \%$$

$$\text{Myyntiin menevän sähkön osuus (\%)} = \frac{4537 \text{ kWh}}{11784 \text{ kWh}} * 100 \% = 39 \%$$

$$\text{Aurinkosähkön osuus kokonaiskulutuksesta (\%)} = \frac{11784 \text{ kWh}}{87609 \text{ kWh}} * 100 \% = 13 \%$$



KUVA 27 Tuntikohtaisen kulutuksen, tuotannon ja myynnin kohtaaminen 15 kWp järjestelmällä

9.2 Kannattavuus

Kannattavuuslaskelmissa vertaillaan 0 %:n, 2 %:n ja 4 %:n sähkönhinnan vuosittaista nousua. Paneelien tehonheikkenemäksi oletetaan -0,7 %/a sekä investoinnin laskentakoroksi 2 %. Järjestelmän hankintahintana pidetään 20250 € + invertterin vaihdosta aiheutuvat kustannukset, koska se joudutaan vaihtamaan ainakin kerran järjestelmän elinaikana. Vaihdosta aiheutuvien kulujen oletetaan olevan 10 % järjestelmän hankintahinnasta (2025 €). Näin ollen järjestelmä tulee maksamaan 30 vuoden tarkastelujakson aikana 20250 € + 2025 € = 22275 €. Laskuissa ei oteta huomioon mahdollisia huolto/puhdistus toimenpiteitä, koska oletetaan niiden olevan vähäisiä.

TAULUKKO 8 Investointilaskelman tuloksia 15 kWp järjestelmälle

	<i>Laskentakorko 2%</i>		
Sähkön hinnan nousu (%/a)	0 %/a	2 %/a	4 %/a
Nettonykyarvo NPV(€)	-804 €	5 501 €	14 533 €
Takaisinmaksuaika TMA (a)	>30	24	19
Sisäinen korkokanta IRR (%)	1,72	3,6	5,49

Taulukosta 8 nähdään, että:

- sähkön hinnan nousun ollessa 0 %/a sekä paneelien tehonheikkemän ollessa -0,7 %/a ja investoinnin laskentakoron ollessa 2 %, järjestelmä ei olisi maksanut vielä itseään takaisin 30 vuoden tarkastelujakson aikana, vaan olisi 804€ tappiolla. Sisäinen korkokanta = 1,72 % < 2 % eli investointi ei ole kannattava.
- sähkön hinnan nousun ollessa 2 %/a sekä paneelien tehonheikkemän ollessa -0,7 %/a ja investoinnin laskentakoron ollessa 2 %, järjestelmä olisi maksanut itsensä takaisin 24 vuodessa. Investointi olisi nettonykyarvon mukaisesti 5501 € voitolla. Sisäinen korkokanta = 3,60% > 2% eli investointi on kannattava
- sähkön hinnan nousun ollessa 4 %/a sekä paneelien tehonheikkemän ollessa -0,7 %/a ja investoinnin laskentakoron ollessa 2 %, järjestelmä olisi maksanut itsensä takaisin 19 vuodessa. Investointi olisi nettonykyarvon mukaisesti 14533 € voitolla. Sisäinen korkokanta = 5,49 % > 2 % eli investointi on kannattava

10 AURINKOLÄMPÖJÄRJESTELMÄN HANKINTA

10.1 Huomioitavia asioita

Jotta taloyhtiö pystyisi hyödyntämään aurinkokeräinten tuottamaa energiaa mahdollisimman tehokkaasti, on mitoitus suositeltavaa jättää sille taholle, jolta järjestelmä mahdollisesti hankittaisiin. Tarjouspyynnöt on suositeltavaa pyytää kokonaisurakkana sekä kilpailuttaa ne. Tarjouspyyntöihin kannattaa sisällyttää seuraavat asiat:

- kohteen asukasmäärä
- kohteen sen hetkinen lämmöntuotantomuoto
- kohteen veden ja lämpöenergian kulutusprofiilit
- kohteen LVI- sekä arkkitehtipiirustukset
- tietoa järjestelmän mahdollisesta asennuspaikasta (kattomateriaali, katon pinta-ala ja kaltevuus)
- järjestelmälle luvattu tuottotakuu sekä takuu-aika (Vilpas, 2017, s. 35)

Tarjoukset saatuaan on hyvä tarkastella laitteiston suorituskykyä vertailemalla tuotantohintoja (€/kWh) toisiinsa. Näin pystytään välttämään ainoastaan halpaan hankintahintaan perustuva toimitus, joka saattaa sisältää heikkolaatuisia komponentteja ja näin ollen syntyy vähäisempää energiantuotantoa. Helpoin tapa selvittää aurinkokeräinten laadukkuus on tarkastaa, onko kyseiselle mallille myönnetty Solar Keymark-sertifikaatti. Solar Keymark on aurinkokeräimille luotu sertifiointijärjestelmä, joka on kansainvälinen ja puolueeton testaustapa aurinkokeräimille. Kyseisessä testissä tutkitaan aurinkokeräimien tehokkuutta tietyissä lämpötiloissa eli ns. eta-arvoja. Noudattamalla alle listattuja neuvoja, saadaan hankittua laadukkaat aurinkokeräimet:

- keräimellä on korkea hyötysuhde, jonka hyötysuhdekäyrä laskee loivasti.
- keräin on vahvarakenteinen ja kestävä sekä se on hyvin eristetty
- keräimellä on pitkä, yleensä n. 10 vuoden tehdastakuu
- keräimellä on Solar Keymark-sertifikaatti (Vilpas, 2017, s. 35)
(YmpäristöEnergia Oy, ei pvm)

11 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli antaa taloyhtiön osakkaille mahdollisimman paljon tietoa aurinkoenergiajärjestelmistä, jotta heidän olisi turvallista tehdä päätös niiden hankinnasta lähitulevaisuudessa.

Taloyhtiön todella vähäinen sähkönkulutus kesäkuukausina suhteutettuna vuosikulutukseen laskee aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta. Mikäli taloyhtiö pystyisi siirtämään kesäkuukausina kuluusta enemmän iltapäivien tietämille, parantuisi laskelmien kannattavuus. Voidaan siis sanoa, että taloyhtiön sähkönkulutusprofiili ei ole ideaalein aurinkosähkölle. Tulevaisuudessa hyvityslaskentamallin sallivan lakimuutoksen mahdollinen läpi meneminen sekä aurinkosähköjärjestelmien vuosittain halpenevat hintatasot ja paraneva tekniikka vaikuttavat suuresti taloyhtiöiden kannattavaan aurinkosähkön tuottamiseen.

Omien mitoitus- ja kustannuslaskelmien perusteella suositukseni taloyhtiölle olisi n. 10 kWp järjestelmä. Kyseinen järjestelmä pystyisi maksamaan itsensä takaisin kaikissa sähkön hinnan kehitysskenaarioissa 30 vuoden tarkastelujakson aikana sekä sisäinen korkokanta oli selvästi suurempi muihin vaihtoehtoihin.

Aurinkolämpöjärjestelmien osalta mitoitus ja kannattavuuden arviointi kannattaa jättää alan ammattilaisten tehtäväksi. Siten taloyhtiö saisi tarkan kuvauksen siitä, kuinka hyvin järjestelmä toimisi taloyhtiössä. Haasteita saattaa syntyä varaajien maatumisessa teknisiin tiloihin sekä aurinkolämmön soveltamisessa taloyhtiön nykyisten lämmitysmuotojen (ilma-vesilämpöpumppu ja kaukolämpö) rinnalle. Tälläisiä kohteita, joissa nämä kolme lämmitysmuotoa toimisivat rinnan, en itse löytänyt. On siis hyvinkin mahdollista, että taloyhtiö olisi tämän asian suhteen edelläkävijä Suomessa.

LÄHTEET

- Ahjo Energia. (ei pvm). *Aurinkopaneelien toiminta*. Haettu 29. 4. 2019 osoitteesta Ahjo Energia:
<http://www.ahjoenergia.fi/index.php/periaatteet/aurinkopaneelien-toiminta>
- Aurinkosahkoakotiin. (ei pvm). *Aurinkopaneelien sijoitus ja suuntaus*. Haettu 29. 4. 2019 osoitteesta
 Aurinkosahkoakotiin.fi: <https://aurinkosahkoakotiin.fi/aurinkopaneelien-sijoitus-ja-suuntaus/>
- Aurinkosahkoakotiin.fi. (2019). *Mallikohteiden tiedot*. Haettu 14. 5. 2019 osoitteesta Aurinkosahkoakotiin.fi:
<https://aurinkosahkoakotiin.fi/mallikohteet/>
- Auvinen, K. (17. 3. 2017). *Auringon säteily ja aurinkosähkön tuotantopotentiaali Suomessa*. Haettu 23. 4. 2019
 osoitteesta Finsolar: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergia/aurinkoatlas/>
- Auvinen, K. (12. 4. 2017). *Aurinkosähkön hyvityslaskentamalli*. Haettu 16. 5. 2019 osoitteesta FinSolar:
http://www.finsolar.net/en_US/taloyhtiot/hyvityslaskentamalli/?lang=en_US&print=print
- Auvinen, K. (12. 4. 2017). *Aurinkosähkön kannattavuus taloyhtiössä*. Haettu 2019. 3. 15 osoitteesta Finsolar:
<http://www.finsolar.net/taloyhtiot/aurinkosahkon-kannattavuus-taloyhtioissa/>
- Auvinen, K. (20. 7. 2018). *Aurinkosähkön takamittarointimalli*. Haettu 22. 2. 2019 osoitteesta Finsolar:
<http://www.finsolar.net/taloyhtiot/aurinkosahkon-takamittarointimalli/>
- El-Bash, J. (2015). *Aurinkolämpöjärjestelmän suunnittelu*. Seinäjoki: Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Haettu 28. 3
 2019 osoitteesta [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/96111/El-](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/96111/El-Bash_jasmin.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
 Bash_jasmin.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Energiateollisuus ry. (3. 1. 2018). *Pientuotannon yleistietolomake verkonhaltijoiden käyttöön*. Haettu 15. 6. 2019
 osoitteesta Energiateollisuus:
[https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/pientuotannon_yleistietolomake_verk-](https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/pientuotannon_yleistietolomake_verkonhaltijoiden_kayttoon.html)
 onhaltijoiden_kayttoon.html
- Erat, B.;Erkkilä, V.;Nyman, C.;Peippo, K.;Peltola, S.;& Suokivi, H. (2008). *Aurinko-opas aurinkoenergiaa
 rakennuksiin*. Aurinkoteknillinen Yhdistys ry. Haettu 23. 4. 2019
- European Commission. (2017). *Photovoltaic Geographical Information System*. Haettu 24. 5. 2019 osoitteesta
http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP
- Finlumo. (2016). *Aurinkoenergia Suomessa*. Haettu 22. 2. 2019 osoitteesta Finlumo:
<http://www.finlumo.fi/aurinkoenergia-suomessa/>
- FinSolar. (12. 5. 2015). *Aurinkoenergiajärjestelmän hankintapolku : Taloyhtiöt*. Haettu 14. 5. 2019 osoitteesta
 FinSolar: <http://www.finsolar.net/aurinkoenergiajarjestelman-hankintapolku-taloyhtiot/>
- FinSolar. (2015). *Kannattavuuslaskurit*. Haettu 10. 5. 2019 osoitteesta FinSolar:
<http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/kannattavuuslaskurit/>
- FinSolar. (8. 2015). *Taloyhtiöiden hankintaohjeita*. Haettu 14. 5. 2019 osoitteesta FinSolar:
<http://www.finsolar.net/taloyhtiot/hankintaohjeita/>
- Finsolar. (17. 6. 2015). *Taloyhtiön vaihtoehdot aurinkosähkön tuotannon kytkemiseen ja mittaamiseen*. Haettu 28.
 Helmikuu 2019 osoitteesta Finsolar: [http://www.finsolar.net/taloyhtion-vaihtoehdot-aurinkosahkon-](http://www.finsolar.net/taloyhtion-vaihtoehdot-aurinkosahkon-tuotannon-kytkemiseen-ja-mittaamiseen/)
 tuotannon-kytkemiseen-ja-mittaamiseen/
- FinSolar. (26. 9. 2016). *Aurinkolämpöjärjestelmien hinta-tasot ja kannattavuus*. Haettu 14. 5. 2019 osoitteesta
 FinSolar: [http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-](http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/)
 ja-kannattavuus-suomessa/

- Finsolar. (1. 2017). *Taloyhtiöihin aurinkosähkön hyvityslaskenta*. Haettu 29. 4. 2019 osoitteesta Finsolar: <http://www.finsolar.net/taloyhtiöt/hyvityslaskentamalli/>
- Honkapuro, S.;& Auvinen, K. (30. 8. 2018). *Politiikkasuositus: Taloyhtiön asukkaiden aurinkosähkön tuotantoa tulisi edistää lainsäädäntömuutoksella*. Haettu 24. 5. 2019 osoitteesta Smart Energy Transition: <http://smartenergytransition.fi/fi/taloyhtion-asukkaiden-aurinkosahkon-tuotantoa-tulisi-edistaa-lainsaadantomuutoksella/>
- Huipputuotteet. (ei pvm). *Tietoa aurinkokeräimistä*. Haettu 14. 3. 2019 osoitteesta Huipputuotteet: <http://www.huipputuotteet.fi/tuotteet/aurinkokeraimet-2/tietoa-aurinkokeraimista/>
- Isojunno, V. (2014). *Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu*. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu. Haettu 27. Helmikuu 2019 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74844/Isojunno_Veijo.pdf?sequence=1
- Juntunen, J. (7. 4. 2016). *Taloyhtiöihin ja lähialueille aurinkosähkön virtuaalimittarointi*. Haettu 27. 2. 2019 osoitteesta Finsolar: <http://www.finsolar.net/taloyhtiöihin-ja-lahialueille-aurinkosahkon-virtuaalimittarointi/>
- Järvenpää, J. (2014). *Aurinkolämmön hyödyntäminen kerrostalojen käyttöveden lämmityksessä*. MAMK. Haettu 12. 5. 2019 osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/75669/Opinnaytetyo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Käkönen, A.-M. (2012). *Investoinnin kannattavuuden arviointi ja rahoitus kohdeyrityksessä*. Satakunnan ammattikorkeakoulu. Haettu 10. 5. 2019 osoitteesta <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46299/Anna-Mari.Kakonen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Käpylehto, J. (2016). *Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen*. Helsinki: Into Kustannus Oy.
- Käpylehto, J.;Hänninen, P.;Pekkarinen Kanerva, P.;Martikka, M.;& Evokari, V. (2017). *Aurinkosähkö kerrostaloon : Opas asukkaille, hallituksen jäsenille ja isännöitsijälle*. Haettu 22. Helmikuu 2019 osoitteesta <https://ilmastokatu.fi>: https://ilmastokatu.fi/files/2017/02/Aurinkosa%CC%88hko%CC%88opas_07022016.pdf
- Lappeenrannan kaupunki. (25. 9. 2016). *Rakennusjärjestys*. Haettu 29. 4. 2019 osoitteesta <https://www.lappeenranta.fi/fi/Palvelut/Rakentaminen-ja-maankaytto/Rakentaminen/Rakennusvalvonta/Rakennusjarjestys>
- Lappeenrannan Seudun Ympäristötiimi. (2018). *Aurinkosähköt kerrostaloon Etelä-Karjalassa*. Haettu 29. 4. 2019 osoitteesta <https://www.lappeenranta.fi/loader.aspx?id=a1a5fd92-f4d3-48cc-97c5-0bfba7753742>
- Lehto, I. (27. 4. 2016). *Tekninen liite 1 Enintään 100 kVA tuotantolaitoksia koskevat tekniset vaatimukset*. Haettu 19. 3. 2019 osoitteesta <https://energia.fi>: https://energia.fi/files/1249/tekninen_liite_1_-_enintaan_100_kva_PAIVITETTY_20160427.pdf
- Lehto, I.;Liuksiala, L.;Lähde, P.;Olenius, M.;Orrberg, M.;& Ylinen, M. (2017). *Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus*. Espoo: Sähkötieto ry. Haettu 24. 5. 2019
- Maanmittauslaitos. (ei pvm). *Maanmittauslaitos - Karttapaikka*. Haettu 14. 5. 2019 osoitteesta <https://asiointi.maanmittauslaitos.fi/karttapaikka/>
- Microsoft Corporation. (2019). Haettu 14. 5. 2019 osoitteesta Bing Maps: <https://www.bing.com/maps>
- Motiva Oy. (23. 11. 2016). *Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitus*. Haettu 1. 4. 2019 osoitteesta Motiva: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/hankinta_ja_asennus/aurinkolampojarjestelman_mitoitus

- Motiva Oy. (11. 11. 2016). *Aurinkolämpöjärjestelmän sijoittelu*. Haettu 18. 3. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/hankinta_ja_asennus/aurinkolampojarjestelman_sijoittelu
- Motiva Oy. (11. 11. 2016). *Huolto ja kunnossapito*. Haettu 13. 3. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelman_kaytto/huolto_ja_kunnossapito
- Motiva Oy. (11. 11. 2016). *Ilmakeräimet*. Haettu 29. 3. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/ilmakeraimet
- Motiva Oy. (11. 11. 2016). *Järjestelmän muut osat*. Haettu 29. 3. 29 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/jarjestelman_muut_osat
- Motiva Oy. (11. 11. 2016). *Tasokeräimet*. Haettu 12. 3. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tasokeraimet
- Motiva Oy. (11. 11. 2016). *Tyhjiöputkikeräimet*. Haettu 12. 3. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tyhjioputkikeraimet
- Motiva Oy. (15. 11. 2016). *Verkkoon liitetty aurinkosähköjärjestelmä*. Haettu 3. 4. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/tarvittava_laitteisto/verkkoon_liitetty_aurinkosahkojarjestelma
- Motiva Oy. (17. 8. 2018). *Auringon säteilyn määrä Suomessa*. Haettu 27. 2. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringonsateilyn_maara-suomessa
- Motiva Oy. (23. 8. 2018). *Auringosta sähköä*. Haettu 22. 2. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa
- Motiva Oy. (10. 1. 2018). *Aurinkolämpö*. Haettu 1. 4. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo
- Motiva Oy. (5. 1. 2018). *Aurinkolämpöjärjestelmät*. Haettu 1. 3. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat
- Motiva Oy. (2018). *Toimenpiteen taloudellinen kannattavuus Laskentatyökalu-ohje työkalun käyttöön*. Haettu 23. 5. 2019 osoitteesta Motiva:
https://www.motiva.fi/files/14771/Toimenpiteen_taloudellinen_kannattavuus_laskurin_ohje_2018.pdf
- Motiva Oy. (5. 3. 2019). *Aurinkosähköä kotiin-kampanja alkaa: Aurinkosähkön hinnat laskeneet*. Haettu 14. 5. 2019 osoitteesta Motiva: https://www.motiva.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2019/aurinkosahkoa_kotiin_kampanja_alkaa_aurinkosahkon_hinnat_laskeneet.13974.news
- Nivos Oy. (14. 1. 2016). *Aurinkopaneelien mitoitus, asennus ja huolto*. Haettu 28. 2. 2019 osoitteesta Nivos:
<https://www.nivos.fi/aurinkopaneelien-mitoitus-asennus-ja-huolto>
- Pesonen, N. (2016). *Aurinkopaneelijärjestelmän kannattavuus ja takaisinmaksuaika*. Savonia ammattikorkeakoulu. Haettu 14. 5. 2019 osoitteesta
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113590/Pesonen_Nea.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Promecon Oy. (3. 9. 2012). *Tyhjiöputkikeräimien toiminta*. Haettu 28. 3. 2019 osoitteesta Promecon:
<http://www.promecon.fi/Page%204.html>
- Rexel Finland Oy. (ei pvm). *Rexel Aurinkosähköjärjestelmät*. Haettu 2. 4. 2019 osoitteesta Rexel:
<https://www.rexel.fi/globalassets/palvelut/rexel-aurinkoenergia-low.pdf>
- Saviranta, P. (26. 10. 2016). *Millaisen aurinkopaneelin valitsen*. Haettu 26. 2. 2019 osoitteesta SolarSynergia:
<https://www.solarsynergia.com/single-post/2016/10/17/Millaisen-aurinkopaneelin-valitsen>
- Solar Tribune. (9. 6. 2011). *Polycrystalline solar cells*. Haettu 26. 2. 2019 osoitteesta Solar Tribune:
<https://solartribune.com/polycrystalline-solar-cells/>
- SolarReviews. (23. 8. 2017). *Pros and Cons Monocrystalline vs Polycrystalline solar panels*. Haettu 26. 2. 2019 osoitteesta SolarReviews: <https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-monocrystalline-vs-polycrystalline-solar-panels>
- Solpros Ay. (12. 2006). *Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö*. Haettu 29. 3. 2019 osoitteesta
<http://www.kolumbus.fi>: <http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>
- Soyan Power New Energy co. (ei pvm). *Kolmivaiheinen 6 kW verkkoinverteri*. Haettu 14. 5. 2019 osoitteesta
<http://fi.svdrive.com/inverter/pv-inverter/three-phase-6kw-on-grid-inverter.html>
- Sundial Finland Oy. (ei pvm). *Miten aurinkolämpöjärjestelmä toimii*. Haettu 1. 3. 2019 osoitteesta Sundial:
<http://www.sundial.fi/aurinko.php?page=aurinko3>
- Sähkötieto ry. (2016). *ST 52.30.01 Akkuhuoneet ja varaamotilat*. Espoo.
- Tahkokorpi, M.;Erat, B.;Hänninen, P.;Nyman, C.;Rasinkoski, A.;& Wiljander, M. (2016). *Aurinkoenergia Suomessa*. Helsinki: Into Kustannus .
- Tamminen, P. (2018). *Aurinkosähkö ja sähköautojen lataus taloyhtiöalueella*. Metropolia ammattikorkeakoulu.
 Haettu 18. 4. 2018 osoitteesta
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/145964/Tamminen_Pyry.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tulituote Oy. (ei pvm). *HeatPipe-Tyhjiöputkikeräimet*. Haettu 12. 3. 2019 osoitteesta Tulituote:
https://www.tulituote.com/tuotteet/vesikiertotuotteet/aurinkokeraimet/heatpipe___tyhjioputkikeraimet/
- Valli, M. (2019). Lakimuutos vauhdittaa aurinkosähköä taloyhtiössä. *Kiinteistölehti*. Haettu 9. 5. 2019 osoitteesta
<https://www.kiinteistolehti.fi/lakimuutos-vauhdittaa-aurinkosahkoa-taloyhtiöissa/>
- Ventus, H. (2017). *Aurinkoenergian hyödyntäminen kerros- ja rivitalokiinteistöissä*. Lahden ammattikorkeakoulu.
 Haettu 23. 4. 2019 osoitteesta
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/130436/Ventus_Helena.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Vilpas, K. (2017). *Selvitys kerrostalon lämmöntuotantomuodon uudistuksesta*. Satakunnan ammattikorkeakoulu.
 Haettu 1. 4. 2019 osoitteesta
https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/129957/Vilpas_Kalle.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vänttilä, L. (2014). *Hybridijärjestelmän kannattavuus pientalokohteissa*. Oulun ammattikorkeakoulu. Haettu 12. 5. 2019 osoitteesta https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/75730/Vanttila_Lauri.pdf?sequence=1
- YmpäristöEnergia Oy. (ei pvm). *Aurinkokeräin*. Haettu 6. 5. 2019 osoitteesta YmpäristöEnergia:
<https://www.energiakauppa.com/Aurinkokerain>
- Ympäristöenergia Oy. (ei pvm). *Paisunta-astia*. Haettu 29. 3. 2019 osoitteesta Ympäristöenergia:
<https://www.energiakauppa.com/Paisunta-astia>

LIITE 1 YLEISTIETOLOMAKE (ENERGIATEOLLISUUS RY, 2018)

Energiateollisuus ry:n suosittelema yleistietolomake

**PIENTUOTANTOLAITTEISTON JA/TAI SÄHKÖVARASTON
LIITTÄMINEN SÄHKÖVERKKOON**

Tällä lomakkeella asiakas ilmoittaa verkkoyhtiölle tiedot nimellistehoaltaan enintään 100 kVA tuotantolaitteiston ja/tai sähkövaraston sähköverkkoon liittämistä varten. Lomakkeen voi antaa täytettäväksi laitteiston toimittajalle ja/tai laitteiston kytkevälle sähköurakoitsijalle. Verkkoyhtiöllä on oikeus varmistaa, että tuotantolaitteisto täyttää liittämistä koskevat tekniset edellytykset.

1. YHTEYSTIEDOT

Tuotantolaitoksen omistaja	Henkilötunnus tai Y-tunnus	
Sähköposti	Puhelinnumero	
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Liittymän osoite (tuotantolaitoksen sijaintipaikka)	Postinumero	Postitoimipaikka
Käyttöpaikan numero (löytyy sähkösiirtolaskulta)		
Yhteyshenkilö (jos muu kuin tuotantolaitoksen omistaja)	Sähköposti	
	Puhelinnumero	

2. TUOTANTOLAITTEISTON PERUSTIEDOT

Tuotantomuoto	<input type="checkbox"/> Aurinko	<input type="checkbox"/> Tuuli	<input type="checkbox"/> Biokaasu	<input type="checkbox"/> Diesel	<input type="checkbox"/> Vesi	<input type="checkbox"/> Muu, mikä?
Verkkoonliitäntälaitteiden (invertteri/vaihtosuuntaaja) valmistaja, määrä ja malli						
Tuotantolaitteiston nimellisteho (suurin mahdollinen laitteistosta sähköverkkoon siirtyvä teho)	kVA/kW	Tuotantolaitteiston enimmäisvikavirta (laitoksen suurin mahdollinen virta)	A			
		Liittymän mitattu oikosulkuvirta (pääkeskus tms.)	A			
Laitteiston kytkentä	<input type="checkbox"/> Kolmivaiheinen	<input type="checkbox"/> Yksivaiheinen, merkitse vaihe	<input type="checkbox"/> L1	<input type="checkbox"/> L2	<input type="checkbox"/> L3	
<input type="checkbox"/> Käyttöpaikkaan on liitetty sähkövarasto (akku)	Sähkövaraston kapasiteetti ja teho		kWh			
			kW			

3. TUOTANTOLAITTEISTON TEKNISET TIEDOT**3.1. Tuotantolaitteiston suojaus** (valitse **YKSI** seuraavista vaihtoehdoista)

Tuotantolaitteisto täyttää seuraavan teknisen standardin tai suosituksen vaatimukset, mukaan lukien verkkoonliitäntälaitteen (invertteri/vaihtosuuntaaja) suojausasettelut ja irtikytketymisajat

<input type="checkbox"/> Mikrotuotantostandardi SFS-EN 50438, Suomen asetukset (sama kuin Energiateollisuus ry:n suositus 2016, tekninen liite 1)	<input type="checkbox"/> Jokin muu <i>HUOM! Jos valitset tämän vaihtoehdon, täytä myös lomakkeen kohta 8.</i>
<input type="checkbox"/> Saksalainen vaatimusdokumentti VDE-AR-N 4105 2011-8 (suojaustekniset vaatimukset)	
<i>HUOM! VDE V 0126 1-1 ei ole hyväksyttävä</i>	

3.2. Tuotantolaitteiston erottaminen

<input type="checkbox"/>	Vakuutan, että tuotantolaitteisto on erotettavissa erillisellä erotuskytkimellä, johon verkonhaltijalla on esteetön pääsy (esim. talon ulkoseinällä, ei lukitussa tilassa) Erotuskytkimen sijainti (esim. talon ulkoseinällä pääoven vieressä)
<input type="checkbox"/>	Liittymän sähkökeskuksilla on varoituskyllit takasyöttövaarasta ja opastus laitteiston irtikytkemiselle

4. TUOTETUN SÄHKÖN VERKKOONSYÖTTÄMINEN

Verkkoyhtiön sähköverkkoon siirtyvän sähkön ostaja (yhtiön nimi)
<input type="checkbox"/> Sähkön siirto käyttöpaikalta sähköverkkoon on teknisesti estetty (sähkön ostajaa ei tarvita)

HUOM! Verkkoyhtiön sähköverkkoon syötettävälle sähkölle on oltava ostaja.

5. TUOTANTOLAITTEISTON ASENTAJAN/URAKOITSIJAN TIEDOT

(tuotantolaitteiston sähköverkkoon kytkävä urakoitsija täyttää)

Sähköurakoitsija	TUKES-numero	
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Yhteyshenkilö	Puhelinnumero	Sähköposti

Urakoitsija toimittaa asiakkaalle laitteistoa koskevan käyttöönottotarkastuspöytäkirjan. Käyttöönottotarkastuspöytäkirja on pyydettyäessä toimitettava verkonhaltijalle.

6. LISÄTIEDOT

Lisätietoja

Verkkoyhtiöt voivat tämän lomakkeen lisäksi pyytää myös muita tarvitsemiaan tietoja tai lomakkeita laitteistosta ja sen liittämistä. Lisätietoja saat verkkoyhtiöltäsi.

7. ALLEKIRJOITUS

Vakuutan antamani tiedot oikeiksi	
Päivämäärä ja paikka	Allekirjoitus ja nimenselvennys

Lomakkeen voi allekirjoittaa tuotantolaitoksen omistaja tai hänen valtuuttamansa taho, kuten sähköurakoitsija

8. Tuotantolaitteiston verkkoonliitännälaitteen suojausasettelut ja irtikytketymisajat

HUOM! Täytä tämä osa vain, jos valitsit kohdassa 3. vaihtoehdon Jokin muu

HUOM! Verkonhaltijalla on oikeus olla hyväksymättä verkkoonsa tuotantolaitteistoja, joiden suojausten soveltuvuutta verkkoon ei voida varmistaa.

Verkkoonliitännälaitteen suojausasettelu noudattaa standardia:					
Parametri	Asetteluarvo	Toiminta-aika	Parametri	Asetteluarvo	Toiminta-aika
Ylijännitesuojaus 1			Ylitaajuussuojaus 1		
Ylijännitesuojaus 2*			Ylitaajuussuojaus 2*		
Alijännitesuojaus 1			Alitaajuussuojaus 1		
Alijännitesuojaus 2*			Alitaajuussuojaus 2*		
* jos on					
Tuotantolaitteiston automaattinen tahdistumisaika verkkojännitteen palaututtua					s
Saarekekäytönestosuojausten (Loss of Mains) toteutustapa ja toiminta-aika					
<input type="checkbox"/> Tuotantolaitteisto on CE-merkitty					