

Lauri Lehti

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU
OMAKOTITALOON

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
2019

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN SUUNNITTELU OMAKOTITALOON

Lehti, Lauri
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma
Maaliskuu 2019
Sivumäärä: 28
Liitteitä: 1

Asiasanat: aurinkovoimala, uusiutuva energia, aurinkopaneeli

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli suunnitella tilaajan tarkoituksia parhaiten palveleva aurinkosähköjärjestelmä. Tilaaja sai selvityksen hänelle sopivan järjestelmän kokoluokasta, rakenteesta, kustannuksista ja lupa-asioista.

Järjestelmäksi valittiin suoraan sähköverkkoon kytketty järjestelmä. Työn tärkein osuus oli kokoluokan mitoittaminen, jotta lopputuloksesta saatiin mahdollisimman kustannustehokas. Sopivan kokoiseksi järjestelmäksi osoittautui nimellisteholtaan kolmen kilowatin järjestelmä.

Lopputulosten pohjalta tilaaja sai hyvät lähtötiedot aurinkosähköjärjestelmän hankkimiseen. Kohteen tarkat tuottoarviot ja kustannuslaskelmat auttavat arvioimaan hankkeen kannattavuutta.

DESIGNING OF A PHOTOVOLTAIC SYSTEM

Lehti, Lauri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical and Automation Engineering

March 2019

Number of pages: 28

Appendices: 3

Keywords: solar power plant, renewable energy, solar panel

The purpose of this thesis was to design a photovoltaic system that best serves customer's needs. The customer received a report of the size, structure, costs and licenses of the suitable system.

The chosen system was directly connected to the power grid. The most important part of this thesis was measuring of the system to reach a cost-effective outcome. Suitable system size was a three- kilowatt system of its nominal power.

Based on the results, the customer received good starting information for purchasing a photovoltaic system. The exact estimates of earnings and cost calculations of the subject will help to evaluate the profitability of this project.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	YLEISTÄ AURINKOSÄHKÖSTÄ.....	6
2.1	Valosähköinen ilmiö	6
2.2	Aurinkosähkön käyttö Suomessa.....	6
3	SÄTEILYENERGIAN TEHOKAS HYÖDYNTÄMINEN	9
3.1	Aurinkokeräin	9
3.2	Aurinkopaneelit.....	9
3.2.1	Yksikidepaneeli	10
3.2.2	Monikidepaneeli	11
4	KOHDE JA JÄRJESTELMÄN MITOITUS	12
4.1	Kohteen tiedot.....	12
4.2	Järjestelmän mitoitus	12
5	JÄRJESTELMÄN RAKENNE.....	17
5.1	Paneelit.....	17
5.2	Verkkoinvertteri.....	17
5.3	Turvakytkimet.....	18
5.4	Kaapelointi.....	20
6	JÄRJESTELMÄN HANKINNASSA JA ASENNUSTÖISSÄ HUOMIOITAVAT ASIAT	21
6.1	Järjestelmän hankinta ja verkkoon liittyminen	21
6.1.1	Ennen hankintaa	21
6.1.2	Verkkoon liittyminen.....	21
6.2	Ylituotannon myyminen verkkoyhtiölle	21
6.3	Asennustyöt.....	22
7	KUSTANNUSARVIO JA TAKAISINMAKSUAIKA	23
7.1	Järjestelmän kokonaiskustannukset	23
7.2	Takaisinmaksuaika.....	23
7.2.1	Koroton takaisinmaksuaika	23
7.2.2	Takaisinmaksuaika FinSolar – kannattavuuslaskurilla	24
7.3	Vertailu saarekejärjestelmään	25
8	LOPPUSANAT	26
	LÄHTEET.....	27
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Auringon lämpödynreaktiossa syntyvää ja maapalloon kohdistuvaa säteilyenergiaa ollaan hyödynnetty tuhansien vuosien ajan rakennusten lämmittämisessä. Suunnitteluvaiheessa on otettu huomioon seinien ja ikkunoiden sijainnit aurinkoon nähden. Tätä kutsutaan passiivisen aurinkoenergian hyödyntämiseksi.

Suoran aurinkoenergian käyttö on viime vuosina yleistynyt maailmalla huomattavasti. Se on trendikästä, ympäristöystävällistä sekä uusiutuvaa energiaa. Tällä tarkoitetaan säteilyenergian muuntamista sähköksi ja lämmöksi aurinkokennojen tai aurinkokeräinten avulla.

Suomalaisilla on usein sellainen kuva, ettei aurinkosähkön tuottaminen Suomessa ole millään mittarilla kannattavaa. Tämä on kuitenkin väärä oletus, sillä säteilymäärät ovat lähes samoja kuin aurinkoenergian suurmaassa Saksassa, jossa merkittävä osuus kokonaisenergiatarpeesta katetaan aurinkoenergialla. Aurinkoenergia tulee suurella todennäköisyydellä olemaan lähitulevaisuudessa halvin energiamuoto.

Tämän insinööriyön tarkoituksena on tehdä tilaajalle suunnitelma aurinkosähkön hyödyntämiseen hänen omakotitalossaan ja vähentää ostosähkön määrää. Tämä toteutetaan suoraan sähköverkkoon kytketyllä järjestelmällä. Samalla tilaaja saa selvityksen sopivan järjestelmän kokoluokasta, toimintaperiaatteesta, rakenteesta, tarvittavista luvista ja kokonaiskustannuksista.

2 YLEISTÄ AURINKOSÄHKÖSTÄ

2.1 Valosähköinen ilmiö

Fyysikot havaitsivat 1870-luvulla seleenin sähkönjohtavuuden kasvavan auringonvalon vaikutuksesta. Vuonna 1905 fyysikko Albert Einstein onnistui tutkimuksessaan selvittämään mistä tuo ilmiö johtui. Auringon paistaessa sopivan materiaalin pinnalle, riittävän suurienergiset valon kvantit eli fotonit kykenivät irrottamaan elektroneja atomeistaan. Tämä synnytti jo vuosikymmeniä aiemmin havaitun sähkövirran. Tätä kutsutaan valosähköiseksi ilmiöksi. Myöhemmin Einstein palkittiin työstään fysiikan Nobelilla. (Käpylehto 2016, 24.)

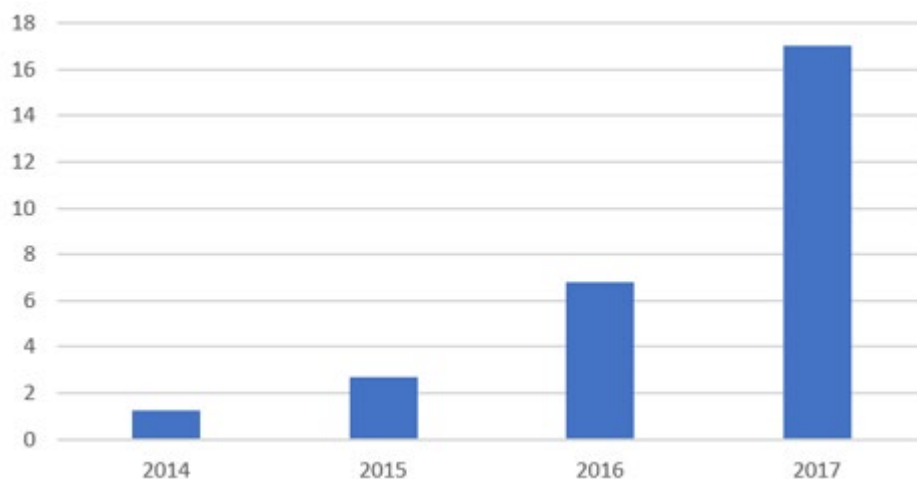
Vuonna 1954 tutkijat Gerald Pearson, Calvin Fuller ja Daryl Chapin onnistuivat kehittämään maailman ensimmäisen piihin perustuvan aurinkokennon, jonka hyötysuhde oli vaatimaton 2,3 prosenttia. Alkuvaiheessa aurinkokennoilla tuotettiin erittäin kallista sähköä, mutta myöhemmin kennojen wattikohtainen hinta on laskenut voimakkaasti tuotantomäärien kasvaessa ja teknologian kehittyessä. (Käpylehto 2016, 25.)

2.2 Aurinkosähkön käyttö Suomessa

Suomalaisilla on pitkä kokemus aurinkosähkön käyttämisestä. Aurinkosähköä on kymmenien vuosien ajan hyödynnetty erityisesti kesämökeillä, joita ei ole liitetty sähköverkkoon esimerkiksi satunnaisen käytön ja siitä johtuvan pienen energiakulutuksen, hankalan sijainnin sekä korkeiden kustannuksien takia. Sähköverkkoon kytkemättömien kohteiden tuottama sähkö varastoidaan akkuihin, ellei tuotantohetkellä ole kulutusta. Tällaista sähköverkon ulkopuolella olevaa järjestelmää kutsutaan saarekejärjestelmäksi.

Sähköverkkoon kytketyt järjestelmät yleistyvät Suomessa koko ajan ja tämä selittyy pitkälti paneelihintojen laskulla ja ostosähkön hinnan nousulla. Myös aurinkosähkön ekologisuus ja ihmisten ympäristötietoisuuden kasvaminen ovat suuria tekijöitä. Verkkoon kytketty järjestelmä mahdollistaa sähköyhtiöstä riippuen ylituotannon

myymisen takaisin verkkoon. Tämä on kuitenkin vähemmän kannattavaa kuin tuotannon käyttäminen itse. Kuvassa 1 on esitetty Caruna Oy:n verkkoon liitetyn aurinkosähkökapasiteetin kasvu vuosina 2014 – 2017.



Kuva 1. Carunan verkkoon liitetty aurinkosähkökapasiteetti megawatteina vuosina 2014 – 2017. (Caruna Oy www-sivut 2018)

Suomen kantaverkkoa hallinnoiva Fingrid Oyj ylläpitää aurinkovoimaennuste-palvelua, josta on mahdollista seurata arvioita Suomeen asennetun ja sähköverkkoon kytketyn kapasiteetin kokonaistuotantotehosta. Arviot ovat karkeita ja ne perustuvat sääennusteisiin ja jakeluverkkoyhtiöiden toimittamiin kapasiteettitietoihin sekä näiden sijainteihin. Kuvassa 2 esitetty aurinkovoimaennuste 18 - 19.2.2019. Uusi ennuste julkaistaan, joka päivä kello 12. (Fingrid Oyj www-sivut 2019.)



Kuva 2. Fingridin aurinkovoimaennuste. (Fingrid Oyj, www-sivut 2019).

3 SÄTEILYENERGIAN TEHOKAS HYÖDYNTÄMINEN

Tässä luvussa kerrotaan nykypäivänä eniten käytetyistä aurinkoenergalaitteista. Aurinkoenergalaitteella tarkoitetaan laitetta, jossa on auringon säteilyä keräävää pintaa. Eteläisessä Suomessa auringon säteilyenergia on vaakatasolla vuodessa noin 1000kWh/m². Laitteen tai laitteiston pintaan osuvan säteilyn määrään ja sitä kautta saatavaan hyötyyn vaikuttaa säteilyn voimakkuus, laitteen tai laitteiston sijainti, suuntaus ja kallistuskulma (Aurinkoteknillinen yhdistys 2019).

3.1 Aurinkokeräin

Aurinkokeräimellä muutetaan auringon säteilyä käyttökelpoiseksi lämmöksi. Keräimen avulla voidaan lämmittää kotitalouksien käyttövetä, teollisuuden prosessivettä sekä rakennuksia. Lämpö voidaan varastoida esimerkiksi omakotitaloissa lämminvesivaraajiin ja aurinkokeräinpuistoissa suuriin, eristettyihin säiliöihin. (Finsolar www-sivut 2019.) Aurinkokeräin on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Brightsolar-aurinkokeräin. (Kärkkäinen Oy www-sivut 2019).

3.2 Aurinkopaneelit

Kiinteistöissä käytetään pääasiassa moni- ja yksikidepaneeleita. Paneeleissa olevat aurinkokennot valmistetaan piistä, joka on yleinen alkuaine. Paneelin hyötysuhde kertoo, kuinka suuren osan säteilystä se pystyy muuttamaan sähköksi. (Käpylehto 2016, 57.)

Molemmilla paneelityypeillä päästään hyviin tuloksiin, ja ratkaiseva tekijä on usein hinta (euroa/watti). Valintaan vaikuttavat myös asennuspaikan olosuhteet.

Paneelin tuottama teho voidaan laskea alla olevalla sähköisen tehon kaavalla

$$P = U * I, \quad \text{jossa } P \text{ on teho (W), } U \text{ on jännite (V) ja } I \text{ on virta (A)}$$

Kaava 1. Aurinkopaneelin tuottama teho

Paneelin tuottama energia voidaan laskea alla olevalla sähköenergian kaavalla

$$E = P * t, \quad \text{jossa } E \text{ on tuotettu energia (kWh), } P \text{ on paneelin teho (W)} \\ \text{ja } t \text{ on aika (h)}$$

Kaava 2. Aurinkopaneelin tuottama energia

3.2.1 Yksikidepaneeli

Yksikidepaneelit ovat hyötysuhteeltaan vähän parempia kuin monikidepaneelit, tyypillinen hyötysuhde on 17 - 21%. Yksikidepaneelit ovat helposti tunnistettavissa salmiakkikuvioinnista, joka on peräisin alun perin pyöreästä piikiekosta, josta on leikattu osa pois. Yksikidepaneelit kestävät lämpöä paremmin kuin monikidepaneelit, mutta ovat toisaalta herkempiä likaantumiselle ja varjostuksille. (Käpylehto 2014, 37). Yksikidepaneeli esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Hanover-yksikidepaneeli. (jn-solar www-sivut 2019).

3.2.2 Monikidepaneeli

Monikidepaneelissa on tasaisempi pinta kuin yksikidepaneelissa. Niiden tuotantoteho kestää likaantumista ja varjostumista paremmin kuin yksikidepaneelit, mutta tuotantoteho laskee lämpötilan noustessa korkeaksi. Hinnaltaan ne ovat hieman edullisempia. Tyypillinen hyötysuhde on 16 - 19%. (Käpylehto 2014, 37.) Monikidepaneeli esitetty kuvassa 5.

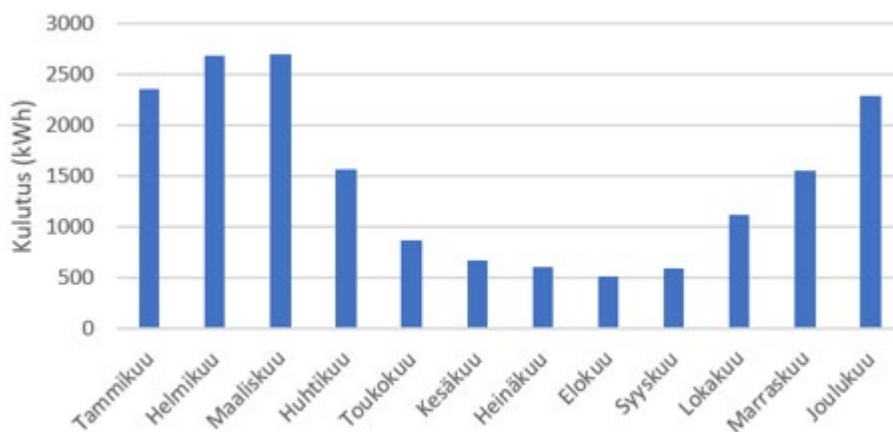


Kuva 5. Hanover-monikidepaneeli. (jn-solar www-sivut 2019).

4 KOHDE JA JÄRJESTELMÄN MITOITUS

4.1 Kohteen tiedot

Kohde on sähkölämmitteinen, harjakattoinen rintamamiestalo Porissa. Kohteen sähkönkulutus on vuositasolla noin 18000kWh. Kulutusprofiili on omakotitalolle tyypillinen eli kulutus on kesäkuukausina huomattavasti pienempi kuin muina kuukausina, koska sähkölämmityksiä ei ole päällä. Kulutusprofiili esitetty kuvassa 6. Katolta saadaan esteetön suuntaus etelään ja sen kaltevuus on noin 30 astetta.



Kuva 6. Kohteen sähkönkulutuksen jakautuminen vuonna 2018.

Tilajalla on sähköyhtiön kanssa kaksoistariffisopimus eli hän maksaa päivä- ja yönsähköstä erikseen. Yönsähkö on halvempaa, mutta sen osuus on pienempi kuin päivänsähkön, koska sitä käytetään pääasiassa vain käyttöveden lämmitykseen.

4.2 Järjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmän mitoitukseen voivat vaikuttaa monet asiat:

- Investointihinta
- Asennuksiin käytettävän tilan määrä
- Kohteen kulutustiedot
- Taloudellinen hyöty
- Ulkonäkö- ja ympäristövaikutukset

Sähköverkkoon liitettyssä järjestelmässä sähkötehon ja energiavaraston takaa yleinen sähköverkko eikä suunnittelijan tarvitse huolehtia näiden riittävydestä. Pientaloille sopivaa tehomitoitusta voidaan pitää sellaisena, että se kattaa 80-100% pienimmän kulutuskuukauden energiankäytöstä. Näin voidaan olettaa, että valtaosa aurinkosähkön tuotannosta käytetään itse ja järjestelmä on taloudellisesti mahdollisimman kannattava. (Orrberg 2017.)

Pieni ylimitoitus saattaa kuitenkin olla järkevää, koska järjestelmän hinta per asennettu kilowatti on edullisempi suuremmissa järjestelmissä. Käytännössä omakotitaloihin asennetaan 3 - 8 kilowatin nimellistehoisia järjestelmiä. (Käpylehto 2016, 102, 105.)

Taulukko 1. Kuukausikulutuksen jakautuminen päivä- ja yösähköön.

Kuukausi	Energia, päivä (kWh)	Energia, yö (kWh)
Tammikuu	1455	900
Helmikuu	1640	1043
Maaliskuu	1617	1082
Huhtikuu	929	645
Toukokuu	515	350
Kesäkuu	398	274
Heinäkuu	369	238
Elokuu	302	211
Syyskuu	333	254
Lokakuu	667	459
Marraskuu	940	610
Joulukuu	1410	889

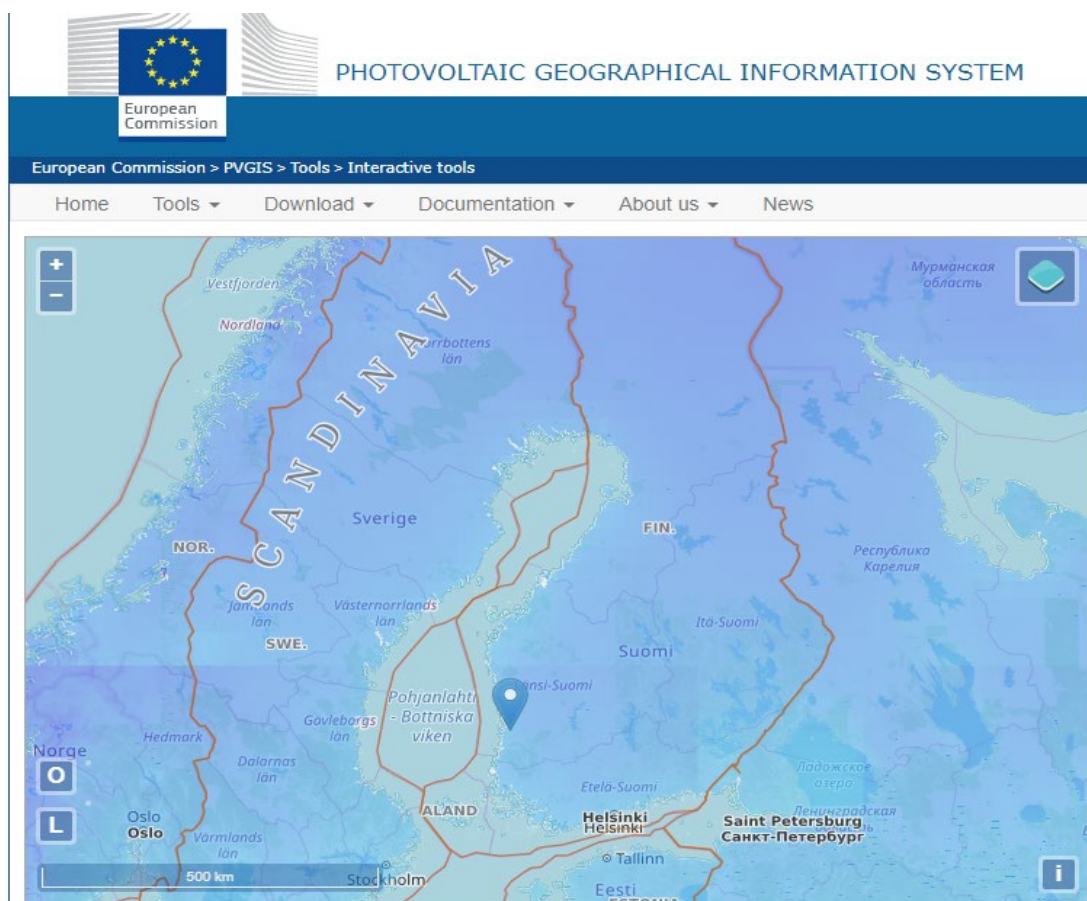
Kuten taulukosta 1. selviää, pienimmän kulutuksen kuukausi on elokuu. Mitoituksessa vertaillaan kolmea eri kokoista järjestelmää ja valitaan niistä tilaajan kanssa hänen tarkoituseriään parhaiten palveleva vaihtoehto. Mitoituksessa ei oteta huomioon yösähkön osuutta, koska järjestelmä ei tuota öisin.

Apusovelluksena käytetään Euroopan komission ylläpitämää PVGIS-laskentaohjelmaa. PVGIS-laskurin avulla pystytään tarkastelemaan kohteen sijainnin ja paneelistotyypin perusteella syntyvää energiatuotannon määrää. Laskuri kertoo vuosi- ja kuukausituotot sekä kuukausittaisen keskimääräisen päivätuoton. Laskuri

ottaa huomioon asennuspaikan säteily määrän sekä paneeliston kallistuskulman ja suuntauksen. (Lehto, Liuksiala, Lähde, Olenius, Orrberg & Ylinen 2017, 72.)

PVGIS-laskuri antaa yleensä hieman liian korkean tuotantoarvion vuodenvaihteen tienoille, mutta toisaalta kesän arvio voi olla toteutunutta pienempi. Keskimääräinen tuotanto on kuitenkin arvioitavissa tarkasti, koska se on sidoksissa auringon kiertoon. Vuosittain tulee sääolosuhteista johtuvia vaihteluja, mutta järjestelmän elinkaaren aikana vaihtelut tasaantuvat ja tuloksia voidaan pitää riittävän tarkkoina. (Käpylehto 2016, 119.)

Vertailtavat järjestelmäkokoiluokat ovat 2kWp, 3kWp ja 5kWp. Laskuri on helppokäyttöinen ja tarkastelu aloitetaan valitsemalla kartasta kohteen sijainti, kuten kuvassa 7 on tehty.



Kuva 7. PVGIS-laskurin kartasta valittu sijainti (Euroopan komissio).

Kuva 8. PVGIS-laskuriin annettavat lähtötiedot (Euroopan komissio).

Kuvaa 8. tarkasteltaessa saadaan selville laskurin vaatimat lähtötiedot:

- PV technology eli paneelien valmistusmateriaali
- Installed peak PV power eli järjestelmän nimellishuipputeho
- System loss eli järjestelmän arvioitu hyötysuhdehäviö
- Mounting position eli paneelien kiinnitystapa
- Slope eli paneeliston asennuskulma
- Azimuth eli paneeliston suuntaus etelään nähden

Taulukko 2. PVGIS-laskurilla suoritettujen järjestelmävertailujen tulokset.

		Järjestelmä 2kWp	Järjestelmä 3kWp	Järjestelmä 5kWp
	Kiinteistön sähkönkulutus kWh/kk	Tuotanto kWh/kk	Tuotanto kWh/kk	Tuotanto kWh/kk
Tammikuu	1455	18	27	45
Helmikuu	1640	56	84	140
Maaliskuu	1617	156	235	391
Huhtikuu	929	217	325	542
Toukokuu	515	275	413	688
Kesäkuu	398	282	422	704
Heinäkuu	369	274	410	684
Elokuu	302	223	335	558
Syyskuu	333	146	219	365
Lokakuu	667	82	123	205
Marraskuu	940	22	33	55
Joulukuu	1410	8	12	20
Yhteensä vuodessa	10575	1759	2638	4397

Taulukosta 2 nähtävät tulokset käytiin tilaajan kanssa läpi ja päädyttiin siihen tulokseen, että 3kWp kokoinen järjestelmä palvelee hänen tarkoituksiaan parhaiten. Järjestelmän tuottama sähköenergia pystytään pitkälti hyödyntämään omassa käytössä. Arvion mukaan verkkoyhtiölle myytävää ylituotantoa syntyy kesällä 98 kWh. Järjestelmän kannattavuutta voidaan parantaa yksinkertaisilla kuormansiirroilla, joka käytännössä tarkoittaa paljon sähköä kuluttavien kodinkoneiden (esimerkiksi pesukone, kuivausrumpu, astianpesukone) käyttämistä päiväaikaan, jolloin todennäköisesti on tuotantoa. Järjestelmän hintana avaimet käteen – periaatteella pidettiin tässä kohtaa noin 1,8 euroa/watti.

5 JÄRJESTELMÄN RAKENNE

Suunnitelman kohteeseen, kuten omakotitalohin yleensä päätettiin valita sähköverkkoon kytketty järjestelmä, jotta pystytään tehokkaasti hyödyntämään paneeliston tuotantoa reaaliaikaisesti ja vähentämään verkosta ostetun sähkön määrää. Kesäaikaan, kun mahdollista ylituotantoa syntyy, se pystytään myymään sähköverkkoyhtiölle pientä korvausta vastaan. Sähköverkkoon kytketty järjestelmä on rakenteeltaan yksinkertainen ja huoltovapaa. Myöskään kapasiteetin riittävydestä, akkujen kunnosta ja sijoituksesta ei tarvitse välittää, mikä lisää käyttömukavuutta huomattavasti. Tässä luvussa kerrotaan järjestelmän rakenteesta.

5.1 Paneelit

Järjestelmän paneeliston muodostavat 250 – 300 watin tehoiset monikidepaneelit. Näiden vaatima pinta-ala on noin 20 neliometriä, kun katon eteläpuoleisen lappeen pinta-ala on noin 30 neliometriä. Paneelit asennetaan peltikattoon kiinnitettävälle asennuskiskoille katon suuntaisesti. Tärkeää on jättää tilaa paneeliston ja katon väliin, jotta syntyy jäähdyttävää ilmavirtausta. Tilaa ja toimittaja sopivat paneeliston lopullisen rakenteen kaupanteon yhteydessä.

Aurinkosähköjärjestelmien elinkaaret ovat pitkiä, joten takuuajatkin ovat pitkiä. Paneelistolle luvataan 25 vuoden tehotakuu, jonka jälkeen tulee olla jäljellä vähintään 80 % paneeliston nimellistehosta (Sol.en Oy www-sivut 2019).

5.2 Verkkoinvertteri

Verkkoinvertteriä voidaan pitää aurinkosähköjärjestelmän sydämenä, koska se muuntaa paneeliston tuottaman tasasähkön julkiseen verkkoon syötettäväksi vaihtosähköksi. Invertterin näytöltä pystyy seuraamaan verkon tilaa ja tuotantoa reaaliajassa. Tehohäviöiden minimoimiseksi tulee kiinnittää huomiota laitteen hyötysuhteeseen, joka voi uusimmissa laitteissa olla jopa 98 %. (SMA Solar Technology AG www-sivut 2019.)

Verkkoinvertterikäyttöinen aurinkovoimala muuttuu hyödyttömäksi, jos jakeluverkon toiminta katkeaa. Verkkoinvertteri ei osaa luoda omaa sähköverkkoa ja sähköturvallisuuden kannalta onkin tärkeää, että järjestelmä on vikatilanteessa jännitteetön. Paneeliston jännitekäyttäytyminen vaihtelee lämpötilan mukaan, mutta verkkoinvertteri osaa optimoida paneeliston tehon virran ja jännitteen mukaan. (Käpylehto 2016 62,79.)

Järjestelmän invertteriksi valittiin itävaltalaisen Froniuksen Symo 3.0 – 3S kolmivaiheinvertteri, joka esitetään kuvassa 9. Sen nimellisteho on 3kW ja hyötysuhde 96,2 %. Tilaaja voi kaupanteon yhteydessä valita takuuajaksi joko viiden vuoden täystakuun tai seitsemän vuoden laitetakuun. Invertteri sijoitetaan rakennuksen sisätiloihin lähelle sähköpääkeskusta. Invertterin ja tuotannon tilaa pystyy seuraamaan mobiilisovelluksella, mikäli taloudessa on WLAN – yhteys.



Kuva 9. Fronius Symo – invertteri (Fronius International GmbH www-sivut 2019).

5.3 Turvakytkimet

Järjestelmää suunniteltaessa on varmistuttava, että verkkoinvertterin pystyy erottamaan DC- ja AC-puolelta. DC-puolelle tulee paneeliston erotuskytkin ja AC-puolelle tulee koko aurinkosähköjärjestelmän erotuskytkin. Kytkimien tulee olla lukittavia ja niissä täytyy olla asennonosoitus tai näkyvä avausväli. Paikallisella

verkkoyhtiöllä täytyy olla pääsy koko järjestelmän erotuskytkimelle ja sen sijoituspaikka sovitaan verkkoyhtiön kanssa. Tämä perustuu sähkötyöturvallisuuteen, sillä järjestelmän täytyy olla tarvittaessa poistettavissa verkosta. (Lehto ym. 2017, 97.)

DC- puolen turvakytkin on integroituna invertteriin ja AC- puolen eli koko järjestelmän erotuskytkin sijoitetaan valosähköisestä järjestelmästä varoittavan kyltin kanssa rakennuksen ulkoseinään. Asianmukaiset varoituskyllit esitetty kuvissa 10. ja 11.



Kuva 10. Aurinkosähköjärjestelmän erotuskytkimen osoittava kyltti (Kauko Store www-sivut 2019).



Kuva 11. Aurinkosähköjärjestelmästä varoittava kyltti (Kauko Store www-sivut 2019).

5.4 Kaapelointi

Järjestelmän ulkona olevat tasavirtakaapeloinnit ovat ulkona haastavissa olosuhteissa ja esimerkiksi aurinkosähköpaneelien alapuoliset kaapelit on mitoitettava vähintään 70 °C ympäristön lämpötilan mukaan (SFS 6000-7-712:2017, 16). Kaapelin täytyy kestää lämpötilan vaihteluita ja UV-säteilyä. Jännitteenaleneman sekä tehohäviöiden minimoimiseksi järjestelmässä käytetään poikkipinta-alaltaan 4mm² tai 6mm² tasavirtakaapelia sekä pidetään kaapelipituudet mahdollisimman lyhyinä. Invertteriltä sähköpääkeskukseen menevänä kaapelina voidaan käyttää MMJ- kaapelia.

6 JÄRJESTELMÄN HANKINNASSA JA ASENNUSTÖISSÄ HUOMIOITAVAT ASIAT

6.1 Järjestelmän hankinta ja verkkoon liittyminen

6.1.1 Ennen hankintaa

Aurinkopaneelien lupakäytännöt vaihtelevat eri kunnissa. Porissa aurinkopaneeliston asennuksesta ilmoitetaan rakennusvalvonnalle joko toimenpideilmoituksella tai tekemällä toimenpidelupahakemus. (Pori Energia Oy www-sivut 2017.) Tämä kannattaa tehdä jo ennen järjestelmän hankintaa.

6.1.2 Verkkoon liittyminen

Ennen laitteiston liittämistä verkkoon tulee tilaajan saada verkonhaltijalta suostumus. Samalla tarkastetaan, että käytettävä verkkoinvertteri täyttää vaatimukset turvallisuudesta ja verkkoon syötettävän sähkön laadusta. Tämä hoituu Energiateollisuus ry:n yleistietolomakkeella, johon tulee selvittää muun muassa käyttöpaikan numero, invertterin tiedot, tuotantolaitoksen nimellisteho ja enimmäisvikavirta. Avaimet käteen- periaatteella tilatussa paketissa täyttämisen hoitaa asennuksen suorittava yritys. (Käpylehto 2016, 126.). Yleistietolomake esitetty liitteessä 1.

6.2 Ylituotannon myyminen verkkoyhtiölle

Verkkoon liitetyn järjestelmän asentaminen johtaa aina välillä hetkelliseen ylituotantoon, jolloin sen voi myydä haluamalleen verkkoyhtiölle. Useimmiten se myydään verkkoyhtiölle, jonka kanssa sähköntuottajalla on jo voimassa oleva sähkösopimus. Tällöin yleensä muutetaan aikaisemmin voimassa ollutta myyntisopimusta lisäämällä siihen kohta koskien sähkön osto. (Käpylehto 2016, 128.) Sähköä ei saa syöttää verkkoon mikäli sille ei ole ostajaa. Verkkoon syötetyn sähkön määrä mitataan tuntitasolla verkkoyhtiön mittareilla ja siitä ei aiheudu

tuottajalle lisäkustannuksia. Ylituotannosta saatava korvaus määritetään useimmiten Nord Pool – sähköpörssin muuttuvan spot- hinnaston mukaan. (Motiva Oy www-sivut 2016.) Kirjoitushetkellä Suomen alueen spot- hinta on 0,057 eur alv. 24%/kWh (Nord Pool Group www-sivut 2019). Paikallinen verkkoyhtiö vähentää verkkoon myydyistä mikrotuotannosta siirtomaksuna 0,009 eur alv. 24%/kWh (Pori Energia Oy www-sivut 2019).

Toukokuun alussa vuonna 2015 tuli voimaan sähkön pientuotantoa ja erityisesti aurinkosähköjärjestelmien verotusta selkeyttävä lakimuutos. Nimellisteholtaan alle 100 kVA:n ja sitä suurempien, mutta vuosituotannoltaan enintään 800 000 kWh:n sähköntuotantolaitokset on vapautettu sähköverovelvollisuudesta. Tämä tarkoittaa, että kyseiset tuottajat saavat käyttää itse tuottamansa sähkön verottomasti. Yli 100 kVA:n ja vuosituotannoltaan enintään 800 000 kWh:n laitosten täytyy kuitenkin rekisteröityä Tullille sähköverovelvoittajiksi ja ilmoittamaan vuosituotantonsa veroilmoituksessa, jotta säädettyä enimmäisrajaa pystytään valvomaan. (Tullin www-sivut 2015).

6.3 Asennustyöt

Avaimet käteen- periaatteella tilatun järjestelmän asennustyöt kuuluvat toimittajalle. Katolla työskenneltäessä tulee huolehtia työturvallisuudesta ja käyttää turvavaljaita tai henkilönostinta. Järjestelmän sähköasennukset eli paneeliston, turvakytkimen ja invertterin kytkennät saa suorittaa vain sähköurakointioikeudet omaava yritys.

7 KUSTANNUSARVIO JA TAKAISINMAKSUAIKA

7.1 Järjestelmän kokonaiskustannukset

Alueen hintatasoa vertailtiin muutaman yrityksen kesken ja päädyttiin valitsemaan toimittajaksi pieni ennakoperintärekisteriin merkitty perheyritys. Avaimet käteen –periaatteella ostettaessa järjestelmän kokonaishinnaksi tulee 5500 euroa sisältäen arvonlisäveron. Paneeliston, kaapeleiden, turvakytkimen ja kiinnikkeiden osuus on tästä puolet eli 2750 euroa. Invertterin hinta on kokonaiskustannuksista neljäsosa samoin kuin asennustöiden ja käyttöopastuksen.

Asennustöiden osuudesta 50 % kuuluu kotitalousvähennyksen piiriin. Vähennyksen maksimimäärä vuodessa on 2400 euroa per henkilö. Omavastuu on 100 euroa. Tässä tapauksessa kotitalousvähennyksen osuus on siis 637,5 euroa. (Verohallinnon www-sivut 2019.) Investointihinta on siis 4862,5 euroa.

7.2 Takaisinmaksuaika

Järjestelmän elinkaari on pitkä ja sen aikana on mahdotonta ennustaa sähkön hintakehitystä sekä paneeliston ikääntymisestä johtuvia tehohäviöitä. Laskelmissa ei oteta huomioon järjestelmän jäännösarvoa sekä kiinteistön arvon nousua. Näistä syistä laskelmia ei voi pitää täysin luotettavina.

7.2.1 Koroton takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuaika voidaan yksinkertaisella tavalla laskea jakamalla investointihinta järjestelmän vuosituotolla. Tilaaja maksaa sähköstään 0,11 euroa/kWh sisältäen siirron, arvonlisäveron ja sähköveron. Järjestelmän arvioitu vuosituotto on 2638 kWh, josta myyntiin menevää ylituotantoa on 98 kWh. Ylituotannon arvona käytetään 0,048 euroa/kWh, jossa on huomioitu verkkoyhtiön perimä siirtomaksu.

Vuosituotannon arvo:

$$2540\text{kWh} \times 0,11 \text{ eur} + 98\text{kWh} \times 0,048 \text{ eur} = 284,1 \text{ euroa}$$

Takaisinmaksuaika:

$$\frac{4862,5 \text{ eur}}{284,1 \text{ eur}} = 17,11 \text{ vuotta}$$

7.2.2 Takaisinmaksuaika FinSolar – kannattavuuslaskurilla

Seuraavaksi takaisinmaksuaikaa arvioidaan FinSolar- hankkeen kannattavuuslaskurilla. Tämä on huomattavasti yksinkertaista laskutapaa tarkempi keino takaisinmaksuajan selvittämiseen, sillä laskurin avulla pystytään ottamaan huomioon:

- Investoinnin laskentakorko eli esimerkiksi pankkilainan korko, tässä tapauksessa 1 %.
- Arvio ostosähkön hinnan noususta vuodessa, tässä tapauksessa 2,5 %. Korko on arvioitu vuosien 2008 – 2018 aikana toteutuneen muutoksen perusteella (Tilastokeskuksen www-sivut 2018).
- Kerran järjestelmän elinkaaren aikana tapahtuvan invertterin vaihdon kustannukset, tässä tapauksessa 20 % alkuperäisestä investointihinnasta.
- Verkkoon myydyn ylituotannon hinta, tässä tapauksessa 0,048 eur/kWh
- Arvio järjestelmän vuotuisesta tehohäviöstä, tässä tapauksessa 0,5 %.

Laskennan tulos kertoi takaisinmaksuajan olevan 18 vuotta. Tätä voidaan pitää kohtuullisena tuloksena, sillä invertterin vaihdon kustannukset pidentävät takaisinmaksuaikaa huomattavasti. Kaikki tuotanto on siis 18 vuoden jälkeen puhdasta voittoa ja 30 vuoden pitoajalla järjestelmän tuottaman kilowattitunnin hinnaksi tulee 0,08 euroa.

7.3 Vertailu saarekejärjestelmään

Kohteeseen olisi myös ollut mahdollista hankkia yleiseen verkkoon kytkeytymätön saarekejärjestelmä. Tämän etuna olisi ollut sähkön varastoiminen akkuihin, jolloin sitä voisi käyttää myös öisin esimerkiksi käyttöveden lämmitykseen sekä muina ajankohtina, jolloin tuotantoa ei ole. Tuotannon käyttäminen yöllä ei kuitenkaan olisi ollut yhtä kannattavaa kuin päivällä, johtuen tilaajan kaksoistariffisopimuksen yösähkön edullisesta hinnasta. Toisaalta, tuotannon käyttäminen yöaikaan olisi kannattavampaa kuin sen myyminen verkkoon.

Saarekejärjestelmään kuuluu olennaisena osana sähkön varastoimiseen käytettävät akut, sillä paneelistolta tuleva tuotanto täytyy hetkellisesti varastoida ennen hyödyntämistä. Aurinkosähköjärjestelmässä akkujen täytyy kestää toistuvia lataus- ja purkautumissyklejä. Lisäksi on kiinnitettävä huomiota niiden hintaan, käyttöikään, huollontarpeeseen ja sijoitukseen.

Edullisten lyijyakkujen käyttö ja asennustöiden tekeminen itse olisi voinut johtaa kustannustehokkaaseen lopputulokseen saarekejärjestelmän hankinnassa. Laadukkaiden ja pitkäikäisten AGM akkujen kustannukset olisivat kuitenkin nousseet lähes yhtä korkeiksi kuin paneeliston kustannukset. Lopulta kuitenkin verkkoon kytketyn järjestelmän huoltovapaus, helppokäyttöisyys, mahdollisuus ylituotannon myymiseen ja kohtuullinen takaisinmaksuaika saivat tilaajan valitsemaan verkkoon kytketyn järjestelmän, joka on oikein hyvä valinta omakotitalon omistajalle.

8 LOPPUSANAT

Ennen työn aloittamista minulla ei ollut aikaisempaa tietoa aurinkosähköjärjestelmien hintatasosta, kotitalouksiin sopivista kokoluokista ja niiden tuottomahdollisuuksista. Kokonaisuutena näen aiheeseen tutustumisen ja opinnäytetyön kirjoittamisen olleen erittäin antoisa ja tulevaisuuden kannalta järkevä projekti. Varma asia on, että lähivuosina aurinkopaneeleita tulee löytymään myös oman taloni katolta.

Komponenttien teknologian kehitys ja järjestelmien hyötysuhteiden paraneminen, valmistusmäärien kasvaminen ja sähkön kokonaishinnan korotukset tulevat muuttamaan takaisinmaksuaikoja entistä kilpailukykyisemmiksi. Näiden seikkojen kautta uskon järjestelmien menekin kasvavan voimakkaasti lähivuosina, jota voi pitää vain hyvänä asiana, koska aurinkosähkön hyödyntäminen on osa kestäväää energiataloutta. Aurinkosähkö on puhdasta eikä se käytännössä lopu koskaan.

Koen tämän opinnäytetyön olevan tilaajalle kattava tietopaketti aurinkosähköjärjestelmän hankintaan. Jään mielenkiinnolla odottamaan järjestelmän toteutumista ja sen todellista tuottoa verrattuna PVGIS- laskurin antamiin tuloksiin.

Haluan kiittää Marko Ylistä asiantuntevasta ohjauksesta aiheen parissa sekä vanhempiani tukemisestani opintojen aikana.

LÄHTEET

- Aurinkosähkö.net. www-sivut. 2019. Viitattu 4.3.2019.
<http://www.aurinkosahko.net/product/112/3--aurinkovoimala-verkkoonkytkettava>
- Aurinkoteknillinen yhdistys. 2019. Aurinko Opas-01 Auringon perustiedot. Viitattu 1.2.2019. http://www.aurinkoteknillinenyhdistys.fi/?page_id=148
- Caruna Oy. www-sivut. 2019. Viitattu 30.1.2019.
<https://www.caruna.fi/ajankohtaista/aurinko-ja-tuulisahkon-tuotanto-kasvanut-voimakkaasti-carunan-verkkoalueella>
- Euroopan komission www-sivut. 2019. Photovoltaic geographical information system. Viitattu 15.2.2019. http://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP
- Fingrid Oyj. www-sivut. 2019. Viitattu 18.2.2019
<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/kulutus-ja-tuotanto/aurinkovoima/>
- Finsolar www-sivut, 2019. Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. Viitattu 29.1.2019. <http://www.finsolar.net/aurinkoenergian-hankintaohjeita/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/>
- Fronius International GmbH. www-sivut. 2019. Viitattu 4.3.2019.
<https://www.fronius.com/en/photovoltaics/products/all-products/inverters/fronius-symo/fronius-symo-3-0-3-s>
- JN-solar. www-sivut. 2019. Viitattu 30.1.2019. <https://www.jn-solar.fi/fi/aurinko-paneelit/467-hanover-hs100m-18d-100w-aurinkopaneeli.html>
- JN-solar. www-sivut. 2019. Viitattu 30.1.2019. <https://www.jn-solar.fi/fi/aurinko-paneelit/466-hanover-hs150p-18-150w-aurinkopaneeli.html>
- Kauko Store. www-sivut 2019. Viitattu 12.3.2019.
https://store.kauko.com/ka_esa/esa/ItemDetails.jsp?@where.ItemID@EQ=508759#
- Käpylehto, J. 2016. Auringosta sähköt kotiin, kerrostaloon ja yritykseen. Helsinki: Into
- Käpylehto, J. 2014. Mökille sähköt auringosta&tuulesta. Helsinki: Into
- Kärkkäinen Oy. www-sivut. 2019. Viitattu 29.1.2019.
<https://www.karkkainen.com/verkkokauppa/brightsolar-20-aurinkokerain-aurinkopaneeli>
- Lehto, I., Liuksiala, L., Lähde, P., Olenius, M., Orrberg, M. & Ylinen, M. 2017. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. ST-Käsikirja 40. Espoo: Sähköinfo Oy

- Motiva Oy. www-sivut. 2016. Aurinkosähköjärjestelmän käyttö. 2016. Viitattu 6.3.2019.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaamasahkon_myynti
- Nord Pool Group. www-sivut 2019. Market data. Viitattu 6.3.2019.
<https://www.nordpoolgroup.com/Market-data1/#/nordic/table>
- Orrberg, M. 2017. Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus. Viitattu 15.2.2019.
http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/aurinkoenergia/fi_FI/aurinkosahkojarjestelman_mitoitus/
- Pori Energia Oy. www-sivut. 2017. 5 Vinkkiä aurinkopaneelien hankintaan. Viitattu 5.3.2019. <https://www.porienergia.fi/Tietoa/Ajankohtaista/Uutiset1/2017/5-vinkkia-aurinkopaneelien-hankintaan/#.XH6XuogzY2w>
- Pori Energia Oy. www-sivut. 2017. Sähköntuotannon verkkopalveluhinnasto. Viitattu 12.3.2019. <https://www.porienergia.fi/globalassets/hinnastot/pesvin-hinnastot/pesv-hinnastot-1.8.2018-alkaen/pori-energia-sahkoverkot-oy-sahkontuotannon-verkkopalveluhinnasto-1.8.2017-alkaen.pdf>
- SFS-6000-7. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-712: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Aurinkosähköjärjestelmät. 2017. Suomen Standardoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS. Viitattu 12.3.2019. <https://www.sfs.fi/>
- SMA Solar Technology AG. 2019. Pv-inverters. Basic facts for planning pv systems. Viitattu 21.2.2019. <https://www.sma.de/en/partners/knowledgebase/pv-inverters-basic-facts-for-planning-pv-systems.html>
- Sol.en Oy. www-sivut 2019. Miksi aurinkosähkö. Viitattu 12.3.2019.
<https://solen.fi/miksi-aurinkosahko/>
- Tilastokeskus. www-sivut. 2018. Energian hinnat. Viitattu 13.3.2019.
https://www.tilastokeskus.fi/til/ehi/2018/02/ehi_2018_02_2018-09-12_kuv_005_fi.html
- Tullin www-sivut. 2015. Viitattu 12.3.2019. <https://tulli.fi>
- Verohallinto. www-sivut. 2019. Kotitalousvähennys. Viitattu 4.3.2019.
<https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/>

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?
Verkkoonliitännälaitteiden (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 vaihtoehtoista)

Tuotantolaitteisto täyttää seuraavan teknisen standardin tai suosituksen vaatimukset, mukaan lukien verkkoonliitännälaitteen (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
<input type="checkbox"/> Saksalainen vaatimusdokumentti VDE-AR-N 4105 2011-8 (suojaustekniset vaatimukset)	<i>HUOM! Jos valitset tämän vaihtoehdon, täytyä myös lomakkeen kohta 8.</i>
<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 varoituskyltit 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 kytkevä urakoitsija täyttää)

Sähköurakoitsija	TUKES-numero	
Osoite	Postinumero	Postitoimipaikka
Yhteyshenkilö	Puhelinnumero	Sähköposti

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

6. LISÄTIEDOT

Lisätietoja

Verkkoyhtiöt voivat tämän lomakkeen lisäksi pyytää myös muita tarvitsemiaan tietoja tai lomakkeita laitteistosta ja sen liittämisestä. 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 suojauksen 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
Saarekekäytönestosuojauksen (Loss of Mains) toteutustapa ja toiminta-aika					
<input type="checkbox"/> Tuotantolaitteisto on CE-merkitty					