



Selvitys aurinkosähköjärjestelmästä GS-yhtymä Oylle

Lauri Tiussa

OPINNÄYTETYÖ
May 2025

Bachelor of Environmental Engineering

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Bachelor of Environmental Engineering

Tiussa, Lauri:
Selvitys aurinkosähköjärjestelmästä GS-yhtymä Oyille

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2025

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan aurinkoenergian käytön ja investoinnin kannattavuutta GS-yhtymä Oy:n tuotantorakennuksen katolle asennettavien aurinkopaneelien avulla. Työssä analysoidaan aurinkoenergian tuotantoa muun muassa maantieteellisen sijainnin ja auringon valosäteilyn pohjalta erinäisiä verkkotyökaluja käyttäen. Lisäksi lasketaan aurinkosähköjärjestelmän tuoton kesto, investoinnin takaisinmaksuaika ja arvioidaan taloudellisia vaikutuksia. Tavoitteena on antaa selkeä kuva aurinkoenergiaratkaisun taloudellisista hyödyistä yritykselle.

GS-yhtymä Oy on perheyritys, joka valmistaa ja pakkaa elintarvikkeita, kuten mausteita ja ruokaöljyä. Yritys on ilmaissut kiinnostusta kulujen pienentämiseen uusiutuvan energian kautta ja pyytänyt selvitystä aurinkosähköjärjestelmän kannattavuudesta.

Aurinkovoima on uusiutuvaa ja puhdasta energiaa, joka ei tuota saastuttavia päästöjä. Se on myös keskeinen osa Euroopan vihreän siirtymän ohjelmaa, joka pyrkii ilmastoneutraaliuteen vuosisadan puoliväliin mennessä. Aurinkosähköjärjestelmä tuottaa energiaa aurinkopaneeleista, ja voi olla verkkoon liitetty tai itsenäinen, akullinen järjestelmä. Järjestelmän teho riippuu paneeleista, niiden sijoittelusta ja alueen aurinkosäteilyn määrästä.

Asiasanat: aurinkoenergia, aurinkojärjestelmä, vihreä siirtymä

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Bachelor of Environmental Engineering

Tiussa, Lauri:
Report on Photovoltaic Systems for GS-yhtymä Oy

Bachelor's thesis plan 36 pages, appendices 5 pages
May 2025

This thesis examines the profitability of using and investing in solar energy using solar panels installed on the roof of GS-yhtymä Oy's production facility. In this thesis, solar energy production and profitability are analyzed based on, among other things, geographical location and solar radiation maps. Various online tools are to be used. In addition, the duration of the return on investment of the solar power system is calculated, the payback period of the investment is calculated and the financial impacts are assessed. The aim is to provide a clear picture of the financial benefits of solar energy for the company.

GS-yhtymä Oy is a family business that manufactures and packages food products, such as spices and cooking oil. The company has expressed interest in reducing costs through renewable energy and has requested a report on the profitability of a photovoltaic system.

Solar power is renewable and clean energy that does not produce polluting emissions. It is also a key part of Europe's green transition program, which aims to achieve carbon neutrality by mid-century. A photovoltaic system generates energy from solar panels and can either be grid connected or stand-alone with batteries. The system's power depends on the panels, their placement, and the amount of solar radiation in the area.

Key words: solar energy, photovoltaic system, green transition

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	GS-YHTYMÄ OY	9
3	VASTAAVIA OPINNÄYTETÖITÄ.....	10
	3.1.1 Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu	10
	3.1.2 Aurinkosähköjärjestelmän selvitys taloyhtiöön	10
	3.1.3 Aurinkopaneelien hankinnan kannattavuus asuinkerrostalossa	10
	3.2 Yhdistävät tekijät	10
4	AURINKOENERGIA VIHREÄN SIIRTYMÄN TYÖKALUNA	12
	4.1 Pohjustusta	12
	4.1.1 Vihreä siirtymä.....	12
	4.1.2 Ei merkittävää haittaa -periaate	13
	4.1.3 Euroopan vihreän kehityksen ohjelma.....	14
	4.1.4 Aurinkoenergia	14
	4.2 Aurinkosähköjärjestelmä	15
	4.2.1 Mikä on aurinkosähköjärjestelmä?	15
	4.2.2 On- ja off-grid.....	15
	4.2.3 Aurinkopaneeli ja sen huolto	17
	4.2.4 Tehontarve ja mitoitus	17
	4.2.5 Ympäristö	18
	4.2.6 Aurinkopaneelin asennuskulma ja -suunta	19
5	METODIT	21
	5.1 Taloudellinen selvitys kehitystyönä	21
	5.2 PVGIS	21
	5.3 FinSolar.....	22
	5.4 Laskutoimitukset	24
	5.4.1 Aurinkosähköjärjestelmän huipputeho.....	25
	5.4.2 Järjestelmän hinta	26
6	TULOKSET JA YHTEENVETO	27
	6.1 Tulokset	27
	6.2 Yhteenveto ja suositukset aurinkosähköjärjestelmän hankinnasta 27	
	LÄHTEET.....	29
	LIITTEET	31
	Liite 1. PVGIS aurinkosäteilyn sähköpotentiaalın kartta optimaaliselle kulmalle.....	32
	Liite 2. PVGIS-laskuri.....	33

Liite 3. FinSolar-kannattavuuslaskuri, kuva 1.....	34
Liite 4. FinSolar-kannattavuuslaskuri, kuva 2.....	35
Liite 5. Aurinkosähköjärjestelmän kumulatiivinen tuotto vs. kumulatiiviset kustannukset 30 vuoden ajalta.	36

LYHENTEET JA TERMIT

PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
JRC	Joint Research Centre
YM	Ympäristöministeriö
EU	Euroopan Unioni
EC	European Commission

1 JOHDANTO

Aurinkovoima on oman määritelmämme mukaan puhdasta, uusiutuvaa energiaa. Ihmiskunta voi hyödyntää sitä koko elinkaarensa ajan, eikä auringon lämpö- tai valoenergia lopu. Auringon valosäteilyn kerääminen ei tuota saastuttavia päästökaasuja, eikä se ole rajallinen luonnonvara, joka loppuu seuraavien tuhansien vuosien aikana. Aurinkoenergian lisäksi on muitakin määrittelemiämme uusiutuvia energiamuotoja, kuten vesi ja tuulivoima. Niiden luokan keskeisin asia on siinä, että vesi ei lakkaa virtaamasta ja tuuli ei lakkaa tuulemasta. Siksi ne ovat uusiutuvia energiamuotoja.

Uusiutuvan energian lisäksi on olemassa myös toinen vastaavanlainen luokka, jota kutsutaan puhtaaksi energiaksi. Se on saman kaltainen luokitus, mutta ei täsmää määritelmänsä kautta. Puhdasta energiaa on sellainen energia, joka ei tuota ympäristöä saastuttavia päästöjä, kuten hiilidioksidia, typen oksideja tai esimerkiksi metaania. Tähän luokkaan kuuluu mm. ydinenergia, jota saadaan mm. keskittämällä ydinreaktio hallitussa ympäristössä lämmittääksemme vettä, jonka höyrystymisen tuotos pyörittää turbiinia.

Tässä opinnäytetyössä on päätarkoituksena selvittää aurinkoenergian osalta, kuinka kannattavaa uusiutuvan energian tuotanto on GS-yhtymä Oy:n tuotantorakennuksen katolla. Toissijaisena tarkoituksena on pyrkiä lisäämään aurinkovoiman osuutta Tampereella, vähentääkseen uusiutumattomien energiamuotojen hyödyntämistä energianlähteenä. GS-yhtymä Oy on pieni perheyrittys Tampereen Sarankulmasta, joka tekee töitä elintarvikkeiden tuotannon parissa. GS-yhtymä Oy on antanut toimeksiannon selvitykselle aurinkoenergian tuotannon kannattavuudesta tuotantorakennuksensa katolla.

Aurinkoenergian tuotannon laskentaan on luotu julkisesti käytettäviä, ilmaisia verkkotyökaluja, joita tässä opinnäytetyössä hyödynnetään. Euroopan Komission tutkimusryhmä on jo vuosikymmenten parissa työskennellyt aurinkoenergian keräyksen parissa maanlaajuisesti maantieteellisillä tietojärjestelmillä, käyttäen satelliittipaikannusta laskeakseen auringon valosäteilyn määrän ympäri vuoden.

Tuloksena on moderni valosäteilykartasto, jonka mukaan voidaan määrittää haluamiin koordinaatteihin vuotuinen valosäteily ja sitä kautta aurinkopaneelin sähköntuotanto.

Vuotuisesta energiantuotannosta lasketaan, kuinka monta vuotta aurinkosähköjärjestelmän tuotantoa tarvitsee maksaa, ennen kuin se alkaa tehdä nettotuottoa.

2 GS-YHTYMÄ OY

GS-yhtymä Oy on pieni perheyrittäjä. Perustettu vuonna 1968, ensimmäiseltä nimeään GS-yhtymä Oy on ollut Lämpöaalto Jonne Hakala ja Martti Klemola. Yritys on sen jälkeen vaihtanut nimeä monta kertaa vuoteen 1994 loppuun saakka, jolloin nimi muuttui GS-yhtymä Oy:ksi. Samassa kiinteistössä GS-Yhtymä Oy:n kanssa toimii myös Kastikemestarit, joka keskittyy kastikkeiden, siirappien ja majoneesien tekemiseen. (Heino, P. 2025. A)

GS-yhtymä Oy on tehnyt pitkään töitä elintarvikkeiden parissa. Enimmäkseen tuotevalikoimaan kuuluvat mausteet ja leivonta-aineet, sekä ruokaöljy. Tuotevalikoimaan kuuluu lisäksi mm. maustekastikkeita, sitruunamehuja ja keittiötarvikkeita eri brändien alla. (Heino. B)

Yhtiön liikevaihto vuonna 2023 oli 4,605 miljoonaa €, ja tilikauden tulos 100 tuhatta €. Liikevaihto nousi samana vuonna 7,6 %, ja liikevoittoprosentti oli 2,7 %. (Fonecta finder. 2024.)

3 VASTAAVIA OPINNÄYTETÖITÄ

Tässä opinnäytetyössä viitataan useisiin Theseus-palvelusta löytyviin opinnäytetöihin, joiden aihe on lähellä tämän opinnäytetyön aihetta.

3.1.1 Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu

Jasu Toivolan opinnäytetyö on tehty vuonna 2019, ja keskittyy aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun kokonaisuudessaan. Siinä käydään läpi erilaisia järjestelmätyyppejä ja ominaisuuksia yksityiskohtaisesti, aivan perustoimintaperiaatteesta rakenteisiin asti. Toivolan opinnäytetyön tarkoituksena on tavoitella aurinkosähköjärjestelmän suunnitelmaa yleisesti. (Toivola, J. 2019)

3.1.2 Aurinkosähköjärjestelmän selvitys taloyhtiöön

Joonas Lahtisen opinnäytetyö tehtiin vuonna 2023. Siinä keskitytään enemmän kohteeseen asennettavaan aurinkosähköjärjestelmään, kuin aurinkosähköjärjestelmän teoriaan. Tavoitteena oli perehtyä yksityiskohtaisesti kohteen puitteisiin aurinkosähköjärjestelmän suunnittelussa. Kyseisiä seikkoja olisi muun muassa johdotus, kattorakenteiden kunto, sähköjärjestelmän kartoittaminen, ja muita vastaavia. (Lahtinen, J. 2023)

3.1.3 Aurinkopaneelien hankinnan kannattavuus asuinkerrostalossa

Ella Andreevan opinnäytetyö on vuodelta 2024. Siinä suunnitellaan aurinkosähköjärjestelmää kerrostalokohteeseen, aivan kuten Lahtisen työssäkin. Tässä työssä kuitenkin keskityttiin enemmän taloudelliseen hyötyyn ja tulevaisuuden yhteensopivuuteen, kuin teknisrakenteellisiin seikkoihin. (Andreeva, E. 2024)

3.2 Yhdistävät tekijät

Näissä kolmessa opinnäytetyössä on monta yhteistä tekijää, jotka johtivat niiden hyödyntämiseen tässä opinnäytetyössä. Ensiksi kaikki näistä opinnäytetöistä tutkivat aurinkosähköjärjestelmien hyödyntämistä rakennusalailla, esimerkiksi kerrotalossa tai tuotantolaitoksessa. Kaikissa kolmesta työstä on yhteinen tavoite, joka on selvittää taloudellista kannattavuutta ja soveltuvuutta suomalaiseen rakennuskantaan.

Toinen yhdistävä tekijä on tutkimusten pyrkimys valaista asiakasta aurinkosähkön erilaisista seikoista, kuten alkusijoitus, ympäristöön kohdistuvat epäsuorat vaikutukset, kestävä kehitys ja sijoituksen elinkaari. Nämä kolme opinnäytetyötä pyrkivät antamaan harkittuja ja teoriaan pohjautuvia suosituksia aurinkosähköjärjestelmän hankintaan liittyen.

Vaikka nämä opinnäytetyöt ovat suunnattu eri tutkinta-aloille, kuten sähkötekniikka ja talotekniikka, ne sisältävät hyvin samannäköistä tietoa. Esimerkkinä Toivolan opinnäytetyö kertoo aurinkosähköjärjestelmän teknisistä osuuksista, ja kannattaa sitä puhtaana energianmuotona, kun Andreevan työssä käydään samoja seikkoja läpi taloudellisesta näkökulmasta. Kaikissa töissä on käytetty myös Euroopan Komission PVGIS-laskuria auringon valosäteilyn laskemiseksi ja Finsolar-kannattavuuslaskuria taloudellisen päätelmän tueksi.

4 AURINKOENERGIA VIHREÄN SIIRTYMÄN TYÖKALUNA

4.1 Pohjustusta

Aurinkovoima on jo pitkään ollut ihmiskunnalle hyödyllinen energiamuoto. Se voi tuoda energiaa kauas yhteiskunnan tiimeksestä, syvälle vuoristoon, metsään, aavikoille tai vaikkapa merelle signaalinvahvistajan voimanlähteeksi. Aurinkopaneeleilla on jo vuosia lämmitetty koteja, pumpattu vettä ja mm. ajettu tutkimusrobotteja Marsin pinnalla. (Hegedus & Luque. 2011)

Näiden esimerkkien tarkoituksena on kertoa, että aurinkovoimalla voidaan ikään kuin luoda energiaa ”tyhjästä”. Se on eräänlainen itsenäinen energiantuotantokeino, jolla voidaan tuottaa rahallista hyötyä, sillä voidaan vahvistaa modernia elämistä alueilla, jossa ei ole sähköverkkoa, sekä sillä voidaan kahlata ajassa kohti tulevaisuutta.

Lähes kaikki energia, mitä maan päällä on, johtuu auringon vaikutuksesta. Valtava määrä energiaa vapautuu tähdestä, jonka ympärillä ihmiskunnan kotipaikka pyörii, ja vaikka vain pieni osa siitä energiasta osuu valo- ja lämpösäteilyn muodossa planeetallemme, sitä voidaan hyödyntää suuresti omiin, suhteellisen pieniin käyttötarpeisiimme.

4.1.1 Vihreä siirtymä

”Vihreällä siirtymällä tarkoitetaan muutosta kohti ekologisesti kestäväää taloutta ja kasvua, joka ei perustu luonnonvarojen ylikulutukseen ja luonnon monimuotoisuutta edistäviin ratkaisuihin.” (ELY-keskus – Vihreä siirtymä. 03.12.2024)

”Vihreä siirtymä on välttämätön muutos kohti ekologisesti kestäväää taloutta. Kestävä talous nojaa vähähiilisiin sekä kiertotaloutta ja luonnon monimuotoisuutta edistäviin ratkaisuihin ja luonnonvarojen kestäväää käyttöön.

Puhdas energiasiiirtymä on tiivis osa vihreää siirtymää. Fossiilisten polttoaineiden alasajo ja niiden korvaaminen puhtailla energiaratkaisuilla on keskeinen tavoite siirtymässä.” (Ympäristöministeriö – Vihreä siirtymä. n.d.)

Monet suuret ja vaikutusvaltaiset tahot, kuten Suomen ELY-keskus ja Ympäristöministeriö ovat sitä mieltä, että on tarpeellista suunnata katse tulevaisuuteen, ja ennaltaehkäistä hiljaa hiippailevia, mutta katastrofaalisia uhkia, kuten ilmastomuutos ja ympäristön lämpeneminen.

Vihreästä siirtymästä on muitakin hyötyjä, kuin turvallisuus ja elinympäristömme eheyden säilyminen, kuten taloudelliset hyödyt. Vihreä siirtymä ideana kantaa tehokkuuden siementä, joka vähentää roskaamista ja materiaalin haaskausta. Vihreän siirtymän eräänä hyötynä on luoda taloudellista voittoa sivutuotteiden hyödyntämisessä.

4.1.2 Ei merkittävää haittaa -periaate

EU on luonut kriteeristön sille, millainen liiketoiminta on ympäristön ja luonnon kannalta kestävä, ja ohjaa rahoitusta kestäviin kohteisiin, edistäen vihreää siirtymää ja EU:n ympäristötavoitteiden saavuttamista. EU sääntelee kestävä kehityksen taksonomiaa, joka luo nämä kriteerit. Taksonomiaan sisältyy ”do no significant harm” eli DNSH-periaate. Ympäristöministeriön esimerkki tästä on, että esimerkiksi päästöjä vähennettäessä ei samalla aiheuteta haittaa toisille ympäristötavoitteille. (YM)

Brookings Instituution energiaturvallisuuden päällikkö Samantha Gross sanonut julkisesti, että jos fossiilisten polttoaineiden tuotanto lakkautettaisiin yhdessä päivässä, maailma pysähtyisi. Valtaosa maailmasta on riippuvainen fossiilisista polttoaineista, eikä uusiutuvilla energiamuodoilla saada tuotettua riittävästi energiaa nykyisen elämän ylläpitoon. Logistiikka-ala pysähtyisi, eikä ruokaa saataisi paikoihin, jossa sitä ei tuoteta. Valtaosaa nykyisestä tuotannosta joudutaan siis ylläpitämään vielä lähitulevaisuudessa. (Osaka. 2023)

Ei ole järkevää vaihtaa kerralla kaikkia energiamuotoja uusiutuviin, sillä se voisi tuottaa katastrofaalisia ongelmia. Yhtenä monesta esimerkistä on sairaalat, jotka saavat lämpönsä ja sähkönsä polttamalla fossiilisia jätteitä, kuten hiiltä. Jos py-

säytettäisiin kerralla kaikki fossiilisten energia-aineiden polttaminen, voisi olla katastrofaalisia seuraamuksia vaikkapa teho-osastolla oleville potilaille, tai muille, joiden selviytyminen on kiinni sähköverkkoon liitetystä koneellisesta toiminnasta.

4.1.3 Euroopan vihreän kehityksen ohjelma

Ilmastonmuutos on uhka koko maailmalle. Euroopan unionilla on sitä vastaan laadittu *Euroopan vihreän kehityksen ohjelma*, joka on ympäristön pilaantumista vastaan taisteleva uusi kasvustrategia, jolla unionista tehdään moderni, resurssi- tehokas ja kilpailukykyinen talous. (Euroopan unioni – Vihreä siirtymä. n.d.)

Ohjelman tavoitteena on tehdä Euroopasta ilmastoneutraali vuosisadan puoliväliin mennessä, hyödyntää vihreää teknologiaa talouden vauhdittamisessa, luoda kestävä teollisuutta ja liikennettä ja vähentää saasteita. Euroopan unionin mukaan ilmasto- ja ympäristöhaasteiden muuttaminen mahdollisuuksiksi tekee siirtymästä oikeudenmukaisen ja osallistavan kaikille.

”Euroopan komissio auttaa EU:n jäsenmaita suunnittelemaan ja toteuttamaan uudistuksia, joilla tuetaan vihreää siirtymää ja edistetään Euroopan vihreän kehityksen ohjelman tavoitteiden saavuttamista. Se auttaa myös suunnittelemaan tarvittavat menettely keskus- ja paikallishallinnossa ja luomaan koordinoitirakenteet, joita tarvitaan vihreiden politiikkojen toteuttamiseen.” (EU)

4.1.4 Aurinkoenergia

Aurinko on vedystä ja heliumista koostuva kaasupallo. Siinä tapahtuu fuusioreaktiota, mikä tapahtuu, kun neljä vety-ydintä yhdistyy heliumiksi. Tämä on eksoterminen prosessi, eli siitä vapautuu energiaa. Vapautunut energia siirtyy säteilemällä kohti auringon pintaa, ja sitä kautta konvektiovyöhyke siirtää sitä edelleen kohti avaruutta. (Ilmatieteen laitos. n.d.)

Energiayhtiö Fortumin mukaan ”Auringosta saadaan enemmän kuin tarpeeksi energiaa täyttämään koko maailman sähköntarpeet. Aurinkoenergia ei myöskään

ole loppumassa lähitulevaisuudessa, toisin kuin fossiiliset polttoaineet. Se on uusiutuva energianlähde, jota rajoittaa vain meidän kykymme muuntaa se sähköksi tehokkaasti ja edullisesti.” Aurinko on siis erittäin hyödyllinen energianlähde meille.

Tiedehenkilöiden mukaan aurinko tulee säilymään aurinkokuntamme keskipisteenä vielä noin 5 miljardia vuotta, minkä aikana ihmiskunta nykyisessä muodossaan tulee katoamaan. Ei ole siis huolta aurinkoenergian loppumisesta ihmisten aikana.

4.2 Aurinkosähköjärjestelmä

4.2.1 Mikä on aurinkosähköjärjestelmä?

“Aurinkosähköjärjestelmä on usean aurinkopaneelin muodostama verkosto, jota ohjataan vaihtosuuntaajalla.” (Vaillant. n.d.) Sellaisella tuotetaan auringon valosäteilystä hyödynnettävää energiaa. Tätä energiaa voidaan käyttää joko lämmitämiseen, tai muihin sähkölaitteiden voimaannuttamistarkoituksiin.

Aurinkopaneelit ovat laattoja, jotka koostuvat useista toisiinsa kytketyistä piikenoista, joiden pintakerroksen positiivisesti ja negatiivisesti varautuneet atomit reagoivat, kun niihin osuu auringonvalo. Nämä atomit kulkeutuvat sitten kerroksesta toiseen. Aurinkopaneelit tuottavat tasavirtaa, jonka vaihtosuuntaaja muuttaa vaihtovirraksi. (Vaillant)

Aurinkosähköjärjestelmissä on valinnan varaa. On olemassa järjestelmiä, jotka ovat suoraan kytkettyinä sähköverkkoon, mikä tarkoittaa, että tuotettu sähkö täytyy kuluttaa välittömästi tai myydä sähköverkkoon, ja sitten on järjestelmiä, jossa sähköä ei tarvitse kuluttaa heti. Jälkimmäisissä järjestelmissä on akkujärjestelmä, johon varastoituu ylimääräinen energia. (Vaillant)

4.2.2 On- ja off-grid

Jasu Toivola kertoo opinnäytetyössään, että sähköverkkoon liitettyä aurinkosähköjärjestelmää kutsutaan on-grid verkoksi, jossa järjestelmä syöttää yleiseen sähköverkkoon liitettyä laitteistoa. On-grid järjestelmän pääkomponentteja ovat aurinkopaneelit, vaihtosuuntaajat ja lisälaitteet.

On-grid verkon tyyppisiä aurinkosähköjärjestelmiä nähdään lähinnä tiheäasutusalueilla, missä rakennukset ovat jo valmiissa sähköverkossa, eikä ole todennäköistä uhkaa sähkön loppumisesta. Sellaisessa tilanteessa ei ole uhkaa sähköenergian vajaaksi jäämisestä, joten ei ole tarvetta varautua varastoimaan sähköä. Sen sijaan ylimääräinen sähkö voidaan myydä sähkömarkkinoille sopimuksen määräämään hintaan, joka Finsolarin mukaan on tavallisesti 2–6 snt/kWh riippuen sähkösopimuksesta.

Jos sähköntuotanto minä tahansa hetkenä jää alle käyttötarpeen minä tahansa hetkenä, tuotanto korvaa joka tapauksessa osan ostoenergian hinnasta, sillä energiaa tarvitsee ostaa vain vajaan käyttötarpeen verran. Esimerkkinä tästä on toimistotyöajat, jolloin on paljon tietokoneita päällä samaan aikaan. Toimiston rakennukseen ei tarvitse ostaa energiaa markkinoilta koko mitoituksen verran, vaan vain osan, sillä aurinkosähköjärjestelmä voisi korvata vaikkapa 70 % energiantarpeesta, säästäen sillä hetkellä noin 70 % sähkölaskusta.

Aurinkosähköjärjestelmää, joka ei kuulu sähköverkkoon, kutsutaan off-grid verkoksi. Tämänlaisissa järjestelmissä vaaditaan akustoa varastoimaan tuotettua energiaa. Off-grid järjestelmä täytyy mitoittaa siten, että aurinkopaneelien tuotto vastaa kaikkien järjestelmään kytkettyjen laitteiden sähköntarvetta. Akuston kapasiteetin on myös kyettävä kattamaan sähkötehontarve myös tuotantoajan ulkopuolella. (Toivola)

Off-grid järjestelmiä tavataan mm. maa- ja mökkiseuduilla, missä asutus on hajautetumpaa, eikä rakennuksia ole välttämättä kytketty sähköverkkoon. Tämän kaltaisissa järjestelyissä maksetaan sähkön osalta vain aurinkosähköjärjestelmän tuottamat kustannukset, eli hankinta, asennus, huollot ja tarvittaessa varosat. Sähkön ylijäämää näistä järjestelmistä ei voi kuitenkaan myydä sähkömarkkinoille, sillä eiväthän ne ole kytkettynä julkiseen sähköverkkoon.

4.2.3 Aurinkopaneeli ja sen huolto

Aurinkopaneelit koostuvat useista eri kerroksista. Aurinkopaneeli.fi -mukaan rakenne on siten, että uloimpana kerroksena on karkaistua lasia. Lasin alla on kahden kapselointifolion väliin sarjakytkettyjä kennoja. Alimpana on Tedlar-taustalevy ja kytkentärasia, ja koko paketti on kehystetty alumiiniprofiiliin.

Toimintaperiaate on yksinkertainen. Auringon valosäteily koostuu fotoneista, jotka vapauttavat aurinkopaneeliin osuessaan elektroneja. Tätä ilmiötä kutsutaan valosähköiseksi ilmiöksi. Yksi piikiekkokite tuottaa 0,5 voltia tasavirtaa, ja sarjassa 60 kiekkoa tuottaa 30 voltia. Sarjaan kytkettyjen aurinkopaneelien määrän kasvaessa myös jännite kasvaa. Jännite sitten syötetään invertteriin, eli taajuusmuuntajaan, jossa se muuttuu vaihtovirraksi, joka voidaan syöttää sähköverkkoon. (aurinkopaneeli.fi. 2025) Sähköä kuluttava rakennus käyttää aina ensimmäisenä aurinkosähkön ja vasta sitten täydentää sähköverkosta.

Huolto on yksinkertainen järjestää. Aurinkopaneelit ovat helppoja pestä, sillä ne ovat vedenkestäviä. Invertteri kestää useita vuosia, ja täytyy yleensä vaihtaa vain kerran aurinkopaneelien elinaikana, ja se on otettu huomioon esimerkiksi FinSolarin kannattavuuslaskurin laskelmissa.

4.2.4 Tehontarve ja mitoitus

On suositeltavaa, että aurinkosähköjärjestelmän tehontarve mitoitetaan kohteen sähkönkulutukseen katsoen. Jotta järjestelmän hankintakulut saataisiin katettua mahdollisimman nopeasti, tulee aurinkosähköjärjestelmä mitoittaa kattamaan koko kohteen sähkönkulutus. Mitä enemmän sähköä järjestelmä tuottaa vuoden aikana, sitä vähemmän sähköä tarvitsee ostaa energian jälleenmyyjiltä, säästäen rahaa. (FinSolar. n.d. A)

Tätä varten lasketaan aurinkopaneelien huipputeho, jolla jaetaan vuotuinen te-
hontarve. Niin saadaan tarvittavien aurinkopaneelien määrä ja aurinkosähköjär-
jestelmän koko. Aurinkosähköjärjestelmän kokoa voidaan sitten suunnitella pinta-
alallisesti kohteeseen.

4.2.5 Ympäristö

Aurinkosähköjärjestelmän ympäristön on oltava auringon valolle näköesteetön.
Jos auringon valosäteily ei osu aurinkokennoihin, ei aurinkokennot myöskään sitä
muuta valjastettavaksi energiaksi. Tästä syystä aurinkosähköjärjestelmät sijoite-
taan tyypillisesti kohteen katolle, mistä näkyvyys horisonttiin on parempi, suuren-
taen päivän tuotannon aikakehystä.

Aurinko paistaa Suomessa vähemmän aikaa suurimman osan vuodesta, kuin
esimerkiksi päiväntasaajalla, missä aurinko on keskimäärin pisimpään vuorokau-
desta näkyvillä. JRC:n aurinkosäteilykartan (liite 1.) mukaan tampereen seudulla
tuotanto on optimaalikulmassa ($35\text{--}45^\circ$) noin $800 \text{ kWh} / \text{m}^2$, kun huipputeho on
 1000 kWp , joten tehokkuus Tampereen seudulla on noin 80 %.



Liite 1. PVGIS aurinkosäteilyn sähköpotentiaalain kartta optimaaliselle kulmalle. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis_download/map_pdfs/G_opt_FI.png

4.2.6 Aurinkopaneelin asennuskulma ja -suunta

Aurinkopaneeli kannattaa suunnata siten, että auringon valoenergia kohdistuu siihen mahdollisimman kauan. Maapallo kiertyy aurinkoa ja pyörii siten, että aurinko nousee aina idästä. Suomi on maapallon pohjoisella puolikkaalla, ja kohtaa napapiirin. Suomen leveysasteet ovat kaikkialla Suomessa riittävän korkeat rajaamaan pääsääntöisen asennussuunnan kohti etelää, sillä siten auringon valoenergia kohtaa aurinkopaneelin mahdollisimman kauan.

Aurinkopaneelien suunta ilmoitetaan imperiaalisina asteina suhteessa etelään siten, että 0° on etelä, -90° on itä ja 90° on länsi. (EC – PVGIS tool. 2024. A.) Tyypillisesti maapallon pohjoisella puolella pyritään asettamaan aurinkopaneelit

kohti etelää, sillä kun aurinko nousee idästä, se laskee myös yhtä kauas länteen samassa suhteellisessa kulmassa aurinkopaneeliin nähden.

5 METODIT

5.1 Taloudellinen selvitys kehitystyönä

Opinnäytetyö on kehittävää tutkimustyötä, joka perustuu käytäntöläheiseen tutkimukseen. Siinä yhdistetään teorian ja käytännön näkökulmat (Mutanen & Friman. 2023). Opinnäytetyön aiheita on valtava määrä, joista opiskelijan tulee valita omansa. Tähän opinnäytetyöhön on valittu aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus, mikä on enemmän teoriaa, mutta ottaa kuitenkin huomioon myös konkreettiset vaikutukset.

Teorian osalta tässä opinnäytetyössä ei pelkästään oteta selvää, onko aurinkosähkö kannattava valinta GS-yhtymä Oy:lle, vaan luodaan uutta tietoa siitä, miten GS-yhtymä Oy voi kehittää toimintaansa energiakustannuksiin vaikuttamalla. Työssä leikitellään ajatuksella: ”Mitä jos tämä asia korvattaisiinkin toisella asialla?” ja arvioidaan tuloksia. Ei siis ole yhtä ainoaa vastausta tämän tutkimustyön tulokseksi, vaan mieluummin yksi vastaus, joka vain luokitellaan tarpeeksi hyväksi lopputulokseksi.

Mutasen ja Frimanin artikkelissa kerrotaan käytäntöläheisen kehittämistutkimuksen etenevän vähemmän suoraviivaisesti ja enemmän iteroivasti ja dynaamisesti, kuin spiraali, jossa tutkija on osa prosessia. Tutkijan kuuluu jatkuvasti arvioida prosessia sekä käytännön osalta että eettiseltä näkökannalta, ottaen huomioon myös normit. (Mutanen & Friman)

Yhteenvetona, tämänkaltainen tutkimus korostaa käytännönläheisyyttä, vuorovaikutteisuuutta ja eettisten kysymysten huomioimista, pyrkien tuottamaan käytännön ratkaisuja ja parantamaan toimintoja.

5.2 PVGIS

PVGIS on säädettävä verkkotyökalu, joka vastaa kolmeen kysymykseen:

- Kuinka paljon sähköä aurinkokeräimet voivat tuottaa asettamissani koordinaateissa?

- Kuinka paljon sähkön tuotanto muuttuu vuoden aikana?
- Kuinka paljon akkujärjestelmä auttaa kaiken tuotetun sähkön käytössä?

Laskurilla pystyy näkemään mm. aurinkosäteilyn tiedonlähteen vaikutuksen, aurinkopaneelin parametrit, asennuksen ja hinnan vaikutukset tuotantoon. (EC. A.)

PVGIS on lyhenne sanoista "Photovoltaic Geographical Information System", eli aurinkosähköjärjestelmien paikkatietojärjestelmä, joka on saanut alkunsa Italiassa JRC:n tutkimuslaitoksessa vuonna 2001. Se on ilmainen ja avoin sivusto Euroopan komission EU Science Hubissa, joka tarjoaa tietoa auringon säteilystä kaikkialta maapallolla, paitsi pohjois- ja etelänavoilla. PVGIS:iä ylläpitää Joint Research Centre, eli JRC.

The screenshot shows the PVGIS web interface. At the top, there is a navigation bar with 'Home', 'Tools', 'Downloads', 'Documentation', and 'Contact us'. The main area features a map of Europe with a cursor over Italy. To the right of the map, there are configuration options for a grid-connected PV system. The 'PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV' section includes fields for 'Solar radiation database', 'PV technology' (set to 'Crystalline silicon'), 'Installed peak PV power [kWp]' (set to '1'), and 'System loss [%]' (set to '14'). Under 'Fixed mounting options', 'Mounting position' is set to 'Free-standing', 'Slope [°]' is set to '35', and 'Azimuth [°]' is set to '0'. There are also checkboxes for 'Optimize slope' and 'Optimize slope and azimuth'. Below these options, there are fields for 'PV electricity price', 'PV system cost (your currency)', 'Interest [%/year]', and 'Lifetime [years]'. At the bottom, there is a 'Visualize results' button and download options for 'csv' and 'png' files.

Last update: 18/12/2024 [Top](#)

Liite 2. PVGIS laskuri. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

PVGIS valikoitui tähän opinnäytetyöhön työkaluksi päivän selvänä valintana. Auringon valosäteilyä voi mitata satelliittien kautta vain muutamilla paikkatietojärjestelmillä, ja PVGIS on ilmainen, helppokäyttöinen ja kaiken lisäksi myös antaa paljon hyödyllistä dataa sähkön tuotantoon, hintaan ja aurinkosäteilyyn liittyen.

5.3 FinSolar

“Finsolar.net on Aalto-yliopiston kauppa- ja korkeakoulun perustama verkkosivusto ja aurinkoenergian tietoportaa, jota käytettiin FinSolar-hankkeiden julkaisualustana vuosina 2014–2019” (FinSolar. A) Finsolar-hankkeessa on laadittu mitotuksen ja kannattavuuden laskemista helpottamiseksi erilaisia laskureita. Laskurit ovat vapaasti käytettävissä Creative Commons -lisenssin mukaisesti. Laskurit ovat laadittu Google Sheets -taulukkolaskentaohjelmaan, ja ovat ladattavissa omalle päätelaitteelle käyttöä varten. (Finsolar. B)

Aurinkoenergia on taloudellisesti kannattavaa, kun sillä korvataan kalliimpaa ostoenergiaa. Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuteen vaikuttaa esimerkiksi järjestelmän hinta, sijainti, mitoitus ja ostoenergian hinta. Aurinkosähköjärjestelmän elinkaari on noin 30 vuotta, ja kannattavuutta suositellaan arvioimaan vertaamalla 30 vuoden ajan aurinkosähköjärjestelmällä tuotetun energian hintaa käyttöiän muiden vaihtoehtoisten energialähteiden kustannuksiin. (Finsolar. A)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri (versio 4/2020)																
2	Lisenssi: CC 4.0																
3																	
4	Huom! Voit tehdä omia laskelmia, kun olet ladannut tiedoston omalle koneellesi. Lataa laskentataulukko omaan käyttöösi Excel-tiedostona kohdasta "File" -> "Download as" -> Excel. Laskentapohja on esimerkkinä kunnan 20 kW:n aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskelma.																
5																	
6	Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuden laskemiseksi täytyy lähtötiedot punaisiin soluihin, jotka ovat välttämättömiä lähtötietoja:																
7	Tarkempien ja luotettavampien laskelmien laatimiseksi täytyy tiedot myös sinisiin soluihin:																
8																	
9	Tiedot kiinteistön ostosähkön kustannuksista (aurinkosähköjärjestelmän vertailukustannukset):																
10	Sähköenergian ostohinta					4.0	€nt/kWh										Vinkki: katso hinta sähköasutusta
11	Energiaeristyneen sähkön siirtohint					0.0	€nt/kWh										Vinkki: katso hinta sähkön siirtoasutusta
12	Sähkövero ja huoltovastuusemaksu					2.253	€nt/kWh										Lähde: https://www.vero.fi/yritykset/ja-yhteisot/tietoa-yritysverotuksesta/vaestoverotus/sahko_ja_eraat_polttoaineetsahkon_ja_eraiden_polttoaineiden_verot/
13	Ostosähkön arvonalisvero					0%											Yritykset ja kunnat 0%, kuluttajat 24%
14	Väliuusi: aurinkosähkön vertailuhinta eli aurinkosähkön vaihtoehtokustannus					6.253	€nt/kWh										
15	Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v					2.0%	/vuosi										Lähde: https://energiavirasto.fi/sahkon-hintatiedot ; http://www.stat.fi/leh/2019/03/leh_2019_03_2019-12-11_tie_001_fi.html
16																	
17	Tiedot hankittavasta aurinkosähköjärjestelmästä:																
18	Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona kWp					20.0	kWp										
19	Väliuusi: järjestelmän koko paneelien pinta-ala noin m ²					7.96	neliometriä										
20	Aurinkosähkön vuosituotto järjestelmän sijainnin mukaan					600	kWh/kWp										Lähde: Suomen säteilykartta. Saatavissa: http://he.jrc.ec.europa.eu/pvgis/maps/eu_cmsaf_opt/G_opt_FI.pdf
21	Väliuusi: aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto alustaa					17600	kWh										
22	Aurinkovoiman vuosittainen sänkötöntönnön vähenemä %/v					-0.5%	%										Lähde: Wirth Harry, Recent Facts about Photovoltaics in Germany. 2015. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. Saatavissa: https://www.ise.fraunhofer.de/
23	Aurinkosähkön ylijäämän osuus % vuosituotannosta					10%	%										Huom. Taloudellisesti kannattavan aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa on tärkeää, että ylijäämän osuus on mahdollisimman alhainen
24	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta verkkoon €nt/kWh					2.0	€nt/kWh										Yleensä välillä 2-6 €nt/kWh riippuen sähköyhtiöstä
25																	
26	Tiedot aurinkosähköjärjestelmän hankinta-, ylläpito- sekä rahoituskustannuksista:																
27	Aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen -investointikustannus € (laitteet ja asennus)					€19.000	euroa										Huom. hinnassa ei ole mukana ALV:ä
28	Väliuusi: Järjestelmän vertailuhinta ilman tulleja					850	euroa/kWp										
29	Mandollinen investointi- tai takavarauhinnyys tms. alkainvestoinnista, %					20%											Energiatuki http://www.businessfinland.fi/energiatuki/
30	Oma maanos-, brändi- tai ympäristötuus investoinnille €					40	euroa										Ohje: Täällä investointikustannus manuaalisesti alla olevan taulukon solum E46 tai vaihtoehtoisesti lainaerät en vuosille (ks alla)
31	Väliuusi: Järjestelmän investointikustannus sisältäen mahdolliset tulet €					15.200	euroa										
32	Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen määrä					€14.400	euroa										
33	Laina-aika tai rahoitussopimuksen pituus					10	vuotta										
34	Lainan tai rahoituksen korko					1.5%	%										
35	Väliuusi: Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen maksuerät/vuosi					€1.440.0	euroa/vuotta										Ohje: Jaa lainaerät manuaalisesti alla olevan taulukon lainavuosien mukaan eri riville sarakeeseen E. Tuottovaatimus ei ole tässä tapauksessa relevantti, koska investoinnilla vähennetään juoksevia kuluja, jotka eivät ole muuten väitettävissä
36	Investoinnin tuottoaika					0.0%	%										Yleensä 6-10% alkainvestoinnista riippuen järjestelmän kootta: pienissä järjestelmissä osuus on suurempi ja suurissa järjestelmissä pienempi.
37	invertin vaihtoon kustannus, osuus alkainvestoinnista. Oletettu tapahtuvan verrat aurinkosähköjärjestelmän elinaikana 15 vuotena					5%	%										
38	Vuottuiset ylläpito- tai huoltokustannukset, huolto tms. kulu					€100	euroa										

Liite 3. Finsolar-kannattavuuslaskuri, kuva 1.

Aurinkosähkön kustannus- ja tuottolaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana:														
Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat														
Järjestelmä pitoaika vuosina	Aurinko- sähkön tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankinta- kustannus eur/kWh	Aurinkosähkön tuotantoa vastaavaan ostosähkön arvo eur/v	Investoinnin kertamaksu tai lainaerät €/v	Rahoituksen korkokulut eur/v	Ylläpito- ja huoltokulut eur/v	Aurinkosähkön kustannukset yhteensä eur/v	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkö- n tuotannon arvo yhteensä eur/v	Kassavirta eur/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v	Investoinnin nettonykyarvo (NPV) laskentakorolla eur/v	Takaisinmaksu- vuodet
1	17600	0.09 €	€1,828.5	€1,440	€215.9		€1,855.9	€0.02	€35.2	€1,500.9	-€155	-€155	-€165	1
2	17512	0.09 €	€1,852.8	€1,440	€172.8	€100.0	€1,712.8	€0.02	€35.7	€1,523.2	-€190	-€345	-€190	1
3	17424	0.10 €	€1,877.4	€1,440	€151.2	€100.0	€1,691.2	€0.02	€36.3	€1,545.9	-€145	-€490	-€145	1
4	17337	0.10 €	€1,702.4	€1,440	€129.6	€100.0	€1,669.6	€0.02	€36.8	€1,569.0	-€101	-€590	-€101	1
5	17251	0.10 €	€1,727.8	€1,440	€108.0	€100.0	€1,648.0	€0.02	€37.3	€1,592.3	-€56	-€646	-€56	1
6	17164	0.10 €	€1,753.3	€1,440	€86.4	€100.0	€1,626.4	€0.02	€37.9	€1,616.1	-€10	-€656	-€10	1
7	17079	0.10 €	€1,779.7	€1,440	€64.8	€100.0	€1,604.8	€0.02	€38.5	€1,640.2	€35	-€621	€35	0
8	16993	0.11 €	€1,806.2	€1,440	€43.2	€100.0	€1,583.2	€0.02	€39.0	€1,664.6	€81	-€540	€81	0
9	16908	0.11 €	€1,833.1	€1,440	€21.6	€100.0	€1,561.6	€0.02	€39.6	€1,689.4	€128	-€412	€128	0
10	16824	0.11 €	€1,860.4	€1,440	€0.0	€100.0	€1,540.0	€0.02	€40.2	€1,714.6	€175	-€237	€175	0
11	16740	0.11 €	€1,888.1		€0.0	€100.0	€1,500.0	€0.02	€40.8	€1,740.1	€140	€1,403	€1,840	0
12	16656	0.12 €	€1,916.2		€0.0	€100.0	€1,000.0	€0.02	€41.4	€1,766.0	€1,066	€3,069	€1,066	0
13	16573	0.12 €	€1,944.8		€0.0	€100.0	€1,000.0	€0.03	€42.0	€1,792.4	€1,692	€4,781	€1,692	0
14	16490	0.12 €	€1,973.9		€0.0	€100.0	€1,000.0	€0.03	€42.7	€1,819.1	€1,719	€6,480	€1,719	0
15	16407	0.12 €	€2,003.2		€0.0	€1,116.0	€1,116.0	€0.03	€43.3	€1,846.2	€730	€7,210	€730	0
16	16325	0.12 €	€2,033.0		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€43.9	€1,873.7	€1,774	€8,984	€1,774	0
17	16244	0.13 €	€2,063.3		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€44.6	€1,901.6	€1,802	€10,786	€1,802	0
18	16162	0.13 €	€2,094.1		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€45.3	€1,929.9	€1,830	€12,616	€1,830	0
19	16082	0.13 €	€2,125.3		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€45.9	€1,959.7	€1,859	€14,474	€1,859	0
20	16001	0.13 €	€2,156.9		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€46.6	€1,990.4	€1,888	€16,362	€1,888	0
21	15921	0.14 €	€2,189.1		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€47.3	€2,017.5	€1,917	€18,280	€1,917	0
22	15842	0.14 €	€2,221.7		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€48.0	€2,047.5	€1,948	€20,227	€1,948	0
23	15762	0.14 €	€2,254.8		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€48.7	€2,078.1	€1,978	€22,205	€1,978	0
24	15684	0.15 €	€2,288.4		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€49.5	€2,109.0	€2,009	€24,214	€2,009	0
25	15605	0.15 €	€2,322.5		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€50.2	€2,140.4	€2,040	€26,255	€2,040	0
26	15527	0.15 €	€2,357.1		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€50.9	€2,172.3	€2,072	€28,327	€2,072	0
27	15449	0.15 €	€2,392.2		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€51.7	€2,204.7	€2,105	€30,432	€2,105	0
28	15372	0.16 €	€2,427.9		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€52.5	€2,237.5	€2,138	€32,569	€2,138	0
29	15295	0.16 €	€2,464.0		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.03	€53.3	€2,270.9	€2,171	€34,740	€2,171	0
30	15219	0.16 €	€2,500.7		€0.0	€1,000.0	€1,000.0	€0.04	€54.1	€2,304.7	€2,205	€36,945	€2,205	0
YHTEENSÄ	491448		€61,039		€993.5	€3,916.0	€9,309.5		€1,319.3	€56,254.3				6
Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat														
76	Investoinnin nettopyyhyänsä 30 vuoden käyttöajalla 2,206 € euroa													
77	Takaisinmaksuaika laskentakorolla 6 vuotta													
78	Vertaa:													
79	Aurinkosähkön omatustannushinta 30 vuoden pitoajalla 3,9 snt/kWh													
80	Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden aikana 12,5 snt/kWh													
81	Kannattavuuslaskurin v1.0 tekijät: Juntunen Jouni, Jalas Mikko ja Auvinen Karoliina. 2015. FinSolar-hanke, Aalto-yliopisto													
82	Kannattavuuslaskurin v1.1 tekijät: Auvinen Karoliina ja Rummukainen Miika. 2020. Canemure-hanke, Suomen ympäristökeskus SYKE													

Liite 4. Finsolar-kannattavuuslaskuri, kuva 2.

Tämä laskuri on keskeinen osa investointilaskelmia tässä opinnäytetyössä. Finsolar-kannattavuuslaskurin kuvassa numero yksi, on listattuna kiinteät tiedot, jotka lasketaan erinäisten kaavojen mukaan taulukkoon, joka näkyy kuvassa numero 2. Kuvassa 2 näkyy visualisoituna vuosikohtaisesti kustannus- ja tuottolaskennat kuvan 1 taulukon muuttujien mukaan.

5.4 Laskutoimitukset

Finsolarin aurinkosähkön kannattavuuslaskuria käyttäen lasketaan ensiksi tiedot kiinteistön ostosähkön kustannuksista, johon verrataan myöhemmin aurinkosähkölaitteiston arvioitua tuottoa. Seuraavaksi lasketaan aurinkosähkölaitteiston tuotto ja arvioidut kustannukset. Kustannuksissa käytetään tässä tapauksessa joitakin kannattavuuslaskurissa jo olevia lukuja.

GS-yhtymä Oy:ltä saatujen tietojen mukaan sähkön kokonaiskulutusarvio vuositasolla on 130 000 kWh. Sähkön kustannukset vuodessa ovat 7800 € ilman arvolisäveroa, ja siihen kuuluu sähkön hinnan lisäksi sähkönsiirto.

5.4.1 Aurinkosähköjärjestelmän huipputeho

Tähän työhön valittu aurinkopaneelimalli on *LONGI 430 W HI-MO X6*, joka oli listattu hintaan 89 € aurinkosähkötukun, tuontitukun ja aurinkopaneelikaupan verkkosivuilla 29.4.2025.

Tehontarpeen ollessa 130 000 kWh, ja aurinkopaneelien teho on ilmoitettu olevan 430W ja alueellisen aurinkosäteilytehokkuuden olevan 88 %, aurinkopaneeleita tarvitaan 344 kappaletta, joiden arvo ostohinnalla 89 € / kpl olisi yhteensä 30 616 €. Yhden paneelin tuotantopinta-ala on 1,78 m² (LONGI. 2022.). Esitteen mukaan tämän mallin teho on mitattu 22,0 %. Aurinkosähköjärjestelmän huipputehon laskentakaava on:

$$(\text{kWp}) = 1 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2} * \text{järjestelmän pinta - ala} * \text{teho}(\text{prosentteina}) / 100$$

Tämän laskun tuloksena saadaan järjestelmän tehoksi noin 135 kWp. Kun laiteaan GS-yhtymä Oy:n tuotantolaitoksen sijainti ja järjestelmän tiedot, saadaan vuosituotannoksi 119 295,21 kWh. (EC. a) Vuosituotannon vaihteluksi PVGIS antaa 6124,13 kWh. Tämä ei kuitenkaan riitä yhtiön tarpeisiin, joten lisätään huipputehoon vielä muuttuja:

$$\frac{135 \text{ kWp}}{\left(\frac{119295,21}{130000}\right)}$$

Tämän vastauksena on järjestelmälle ideaali huipputeho 147,11 kWp. Järjestelmään olisi siis lisättävä aurinkopaneeleita, ja kun yksinkertaistamme huipputehon tasaiseksi luvuksi, saamme yhtälön:

$$148 \text{ kWp} = \frac{1 * 1,78 * X * 22}{100}$$

Yhtälöstä saamme vastaukseksi, eli X:n paikalle pyöristettynä 378 aurinkopaneelia. Lopullisesti aurinkopaneelien hinta tulisi olemaan 33 642 €.

5.4.2 Järjestelmän hinta

Aurinkosähkötukku.fi:ssä on ilmoitettu invertterien hinnaksi noin 1000–4000 € / kpl. Inverttereitä on monenlaisia, joten yksinkertaisuuden nimessä käytämme neljää kappaletta 1500 € invertteriä laskuissa.

Aurinkosähkötukun aurinkovoimalan asennuspalvelun hinta on asetettu nousemaan 1490 € / kahdeksan paneelia siten, että nostaessa paneelien määrää kahdella, hinta nousee 100 €. Tällä laskukaavalla 378 aurinkopaneelia sisältävän aurinkosähköjärjestelmän asennus tulisi Aurinkosähkötukun hinnoilla maksamaan 19 990 €. Tämä on arvonlisäverollinen hinta, josta poistetaan noin 20,3 %. Lopullinen hinta on 16 616,79 €

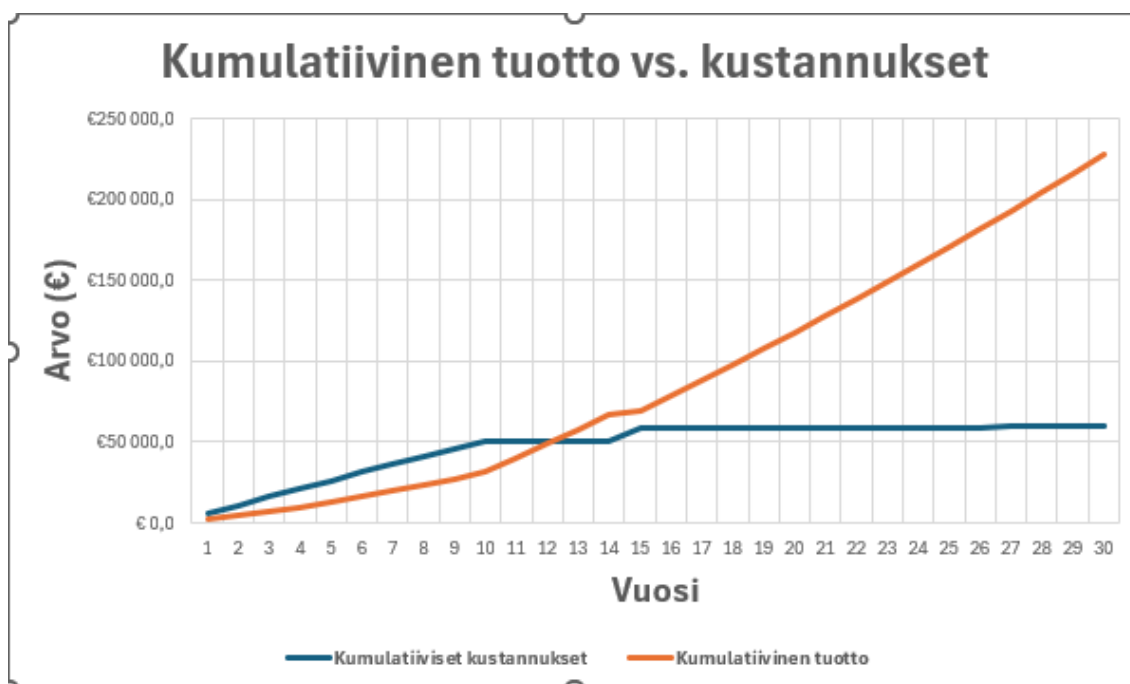
Kun laitteiden ja asennuksen hinnat lasketaan yhteen, saadaan lopputulemaksi 56 258,79 €, ja kun mahdollinen Business Finlandin 20 % energian investointitukipaketti lisätään lopputulemaan, saadaan järjestelmän hinnaksi 45 007,03 €

6 TULOKSET JA YHTEENVETO

6.1 Tulokset

Jos GS-yhtymä Oy saisi Business Finlandilta aurinkosähköjärjestelmää varten 20 % energiainvestointituen, järjestelmän hinta olisi 45 007,03 €. Tämän jälkeen, jos GS-yhtymä Oy hankkisi järjestelmän hinnan kokoisen rahoituksen 10 vuodeksi 2 % korolla, tulisi järjestelmä maksamaan itsensä ja kaikki järjestelmään liittyvät kulut 13 vuoden kuluessa.

Jälkeenpäin olettaen, että järjestelmä toimii odotetusti täyden elinkaarensa ajan, eli kokonaisuudessaan 30 vuotta, järjestelmän kokonaiskustannukset ovat 59 498,67 € ja kokonaisuudessaan voittoa tulee yhteensä 227 921,76 €. Tässä oletetaan, että kaikki tiedot ovat Finsolarin kannattavuuslaskurin ja tämän opin- näytetyön lähtötietojen mukaisesti.



Liite 5. Aurinkosähköjärjestelmän kumulatiivinen tuotto vs. kumulatiiviset kustannukset 30 vuoden ajalta.

6.2 Yhteenveto ja suositukset aurinkosähköjärjestelmän hankinnasta

Aurinkosähköjärjestelmät ovat pitkän ajan tuotantoa ajatellen kannattavia sijoituskohteita. Alkusijoitus voi olla piikikäs ja hintava, mutta loppujen lopuksi oikein

mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä tulee tuottamaan nettoposiitivisia tuloksia. Tässä tapauksessa alkusijoituksesta 13 vuoden kuluessa aurinkosähköjärjestelmä maksaa itsensä kokonaisuudessaan takaisin.

Kuitenkin täytyy ottaa huomioon, ettei lähtötietoihin ole annettu kuukausittaisia sähkönkulutustietoja, joten tällä tavalla sähkön tuotannon kustannuslaskelmat voivat olla virheellisiä. Kesällä suurimman tuotannon aikaan voi olla, että tuotetaan paljon ylijäämää, joka Finsolarin laskurin mukaan myytäisiin 0,02 €/kWh hintaan, mutta talvella jouduttaisiin ostamaan paljon energiaa n. 0,06 €/kWh hintaan.

On joka tapauksessa suositeltavaa, että sijoitettaisiin aurinkoenergiaan, sillä vaikka lähes kaikki energian tuotanto tapahtuu kesäaikaan, tuotantoa tulee mitoituksen mukaan ympärivuotisesti silti 130 000 kWh. Tästä voimme lukea, että vaikka kaikki tuotanto myytäisiin sähköverkkoon, tulisi silti vuodessa 2 600 € tuottoa. 30 vuoden aikana, jos tuotettaisiin 2 600 €/vuosi, tulisi silti 78 000 €, mikä tarkoittaa nettovoittoa.

LÄHTEET

Andreeva, E. 2024. Aurinkopaneelien hankinnan kannattavuus asuinkerrosta-
lossa. Talotekniikan tutkinto-ohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööri-
työ. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/871214/And-
reeva_Ella.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/871214/Andreeva_Ella.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Aurinkopaneeli.fi. 2025. Aurinkopaneelin rakenne. Verkkoaineisto. Viitattu
27.3.2025. Päivitetty vuonna 2025. <https://aurinkopaneeli.fi/rakenne/>

Aurinkosähkötukku.fi. 2025. Aurinkopaneelit. Tuotekatalogi. Viitattu 12.2.2025.
aurinkosahkotukku.fi/tuotekategoria/aurinkopaneelit/

ELY-keskus. Vihreä siirtymä. verkkoaineisto. www.ely-keskus.fi/vihrea-siirtyma.
03.12.2024

European Comission. A. Photovoltaic Geographical Information System.
PVGIS-laskuri. Verkkoaineisto. Viitattu 12.2.2025. Päivitetty 18.12.2024.
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

European Comission. B. Photovoltaic Geographical Information System.
PVGIS-laskurin ohjekirja. Verkkoaineisto. Viitattu 12.2.2025. Päivitetty
18.12.2024. [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographi-
cal-information-system-pvgis/getting-started-pvgis/pvgis-user-manual_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/photovoltaic-geographical-information-system-pvgis/getting-started-pvgis/pvgis-user-manual_en)

European Comission. C. Photovoltaic Geographical Information System. PVGIS
aurinkosäteilyn sähköpotentiaalin kartta optimaaliselle kulmalle. Kuva. Viitattu
27.3.2025. Päivitetty 1.8.2019. [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_down-
load/map_pdfs/G_opt_FI.png](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_download/map_pdfs/G_opt_FI.png)

Euroopan Unioni. Vihreä siirtymä. Verkkoaineisto. n.d. Viitattu 20.2.2025.
https://reform-support.ec.europa.eu/what-we-do/green-transition_fi

FinSolar. A. Verkkoaineisto. n.d. Viitattu 13.2.2025. <https://finsolar.net>.

FinSolar. B. 4/2020. Aurinkosähkön kannattavuuslaskuri. Verkkoaineisto.
[https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VEzwSvQAHUVtlhCYhL4-
WoBajY5KUXyuC9WRRuuc2VM/edit?gid=279239804#gid=279239804](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1VEzwSvQAHUVtlhCYhL4-WoBajY5KUXyuC9WRRuuc2VM/edit?gid=279239804#gid=279239804).

Fonecta Finder. GS-yhtymä Oy. Verkkoaineisto. Viitattu 27.2.2025.
[https://www.finder.fi/Elintarvikkeet/GS-Yhtymä+Oy/Tampere/yhteystie-
dot/100257](https://www.finder.fi/Elintarvikkeet/GS-Yhtymä+Oy/Tampere/yhteystie-dot/100257)

Fortum. Aurinkoenergia. Verkkoaineisto. n.d. Viitattu 20.2.2025. [https://www.for-
tum.fi/tietoa-meista/energiantuotanto/aurinkoenergia](https://www.fortum.fi/tietoa-meista/energiantuotanto/aurinkoenergia)

GS-yhtymä Oy. Verkkoaineisto. n.d. Viitattu 22.1.2025. <https://www.gs-yhtyma.fi>

Heino, P. A. Toimitusjohtaja. 2025. Haastattelu 24.2.2025 Microsoft Teams.

Heino, P. B. Toimitusjohtaja. 2025. Sähköpostiviesti 25.2.2025.

Hegedus, S; Luque, A. 2011. Handbook of Photovoltaic Science and Engineering. E-Kirja. John Wiley & Sons. Viitattu 20.2.2025. https://app-knovel-com.libproxy.tuni.fi/web/view/khtml/show.v/rcid:kpHP-SEE002/cid:kt008UI1B1/viewerType:khtml//root_slug:handbook-photovoltaic/url_slug:achievements-challenges?cid=kt008UI1A2&b-toc-cid=kpHP-SEE002&b-toc-root-slug=handbook-photovoltaic&b-toc-title=Handbook%20of%20Photovoltaic%20Science%20and%20Engineering%20%282nd%20Edition%29&b-toc-url-slug=achievements-challenges&kpromoter=federation&view=collapsed&zoom=1&page=1

Ilmatieteen laitos. Auringon rakenne ja elinkaari. Verkkoaineisto. n.d. Viitattu 4.3.2025. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/rakenne-ja-elinkaari>.

Lahtinen, J. 2023. Aurinkosähköjärjestelmän selvitys taloyhtiöön. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Insinööri-tyo. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/813428/Lahtinen_Joonas.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Mutanen, A; Friman, M. 2023. Käytäntölähteen tutkimus, opinnäytetyö ja asiantuntijuuteen kasvu. Artikkel. Tiedepolitiikka. <https://journal.fi/tiedepolitiikka/article/view/126854/78221>

Osaka, S. 2023. What the world would look like without fossil fuels. Uutisartikkeli. The Washington Post. 30.9.2023. Viitattu 20.3.2025. <https://www.washingtonpost.com/climate-environment/2023/09/30/end-fossil-fuels-biden/>

LONGI. 2022. LONGI 415-430 W Hi-MO X6. Tekninen tuote-esite. Verkkoaineisto. https://www.aurinkopaneelikauppa.fi/WebRoot/vilkas04/Shops/20120903-11092-142553-1/MediaGallery/Uusi_kansio5/Longi430.pdf

SMA Solar Technology. 2024. Solar Batteries: function, benefits and products. Verkkoaineisto. <https://www.sma.de/en/products/solar-batteries>

Toivola, J. 2019. Aurinkosähköjärjestelmän suunnittelu. Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma. XAMK. Opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/166776/Toivola_Jasu.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Vaillant. 2024. Mikä on aurinkosähköjärjestelmä. Verkkoaineisto. n.d. Viitattu 13.2.2025. <https://www.vaillant.fi/asiakkaat/neuvoja-ja-tietoa/lammitysnasto/photovoltaic-system-1925124.html>

Ympäristöministeriö. Mitä on vihreä siirtymä. Verkkoaineisto. n.d. Viitattu 22.1.2025. <https://ym.fi/mita-on-vihrea-siirtyma>

LIITTEET



Liite 1. PVGIS aurinkosäteilyn sähköpotentiaalın kartta optimaaliselle kulmalle

Accessibility | Legal notice | Cookies | Contact | English (en) ▼

European Commission

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

European Commission > EU Science Hub > PVGIS > Interactive tools

Home Tools Downloads Documentation Contact us

Cursor:
 Selected: [Select location!](#)
 Elevation (m):
 PVGIS ver: 5.3

Use terrain shadows:
 Calculated horizon
 Upload horizon file
[Switch to version 5.2](#)

Download CSV [Download JSON](#)
 Visualize results [Ei valittua tiedostoa](#)

GRID CONNECTED

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

TRACKING PV
 OFF-GRID
 MONTHLY DATA
 DAILY DATA
 HOURLY DATA
 TMY

Solar radiation database*
 PV technology*
 Installed peak PV power [kWp]
 System loss [%]
 Fixed mounting options
 Mounting position*
 Slope [°]
 Azimuth [°]
 PV electricity price
 PV system cost (your currency)
 Interest [%/year]
 Lifetime [years]

Address: [Go!](#) Lat/Lon: [Go!](#)

[Visualize results](#) [CSV](#) [JSON](#)

Last update: 18/12/2024 [Top](#)

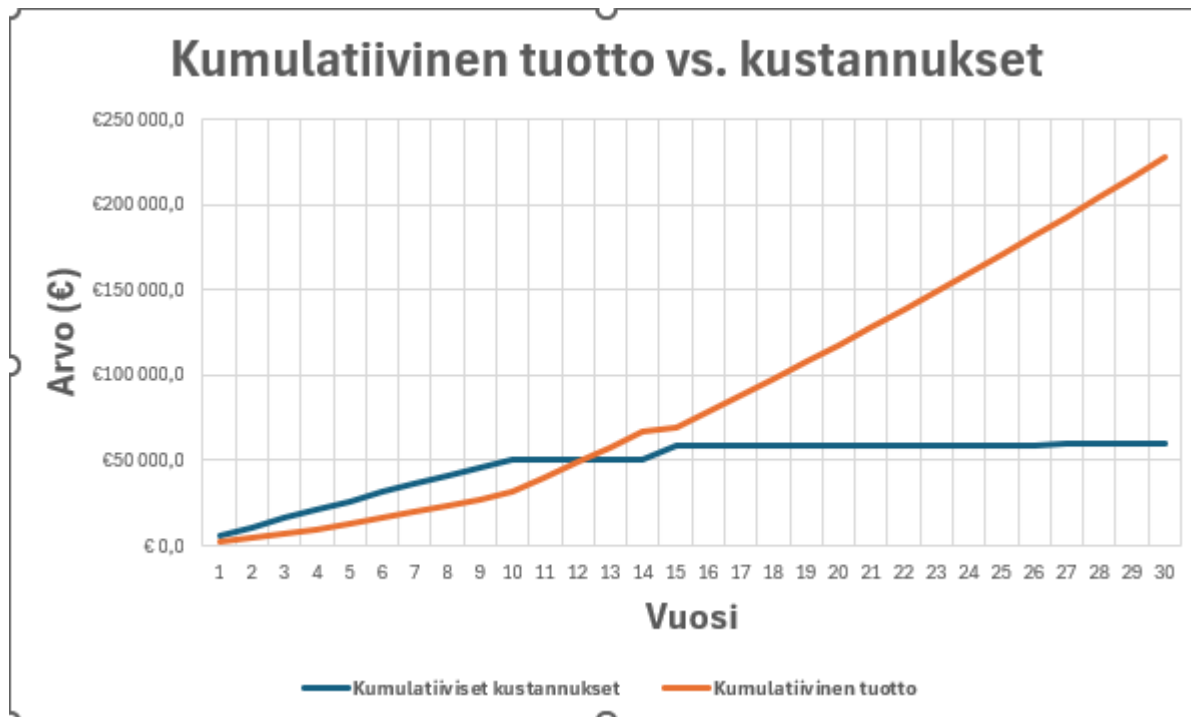
Liite 2. PVGIS-laskuri

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	Kiinteistön aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskuri (versio 4/2020)															
2	Lisenssi: CC 4.0															
3																
4	Huom! Voit tehdä omia laskelmia, kun olet ladannut tiedoston omalle koneellesi. Lataa laskentataulukko omaan käyttöösi Excel-tiedostona kohdasta "File" -> "Download as" -> Excel. Laskentapohjassa on esimerkkinä kunnan 20 kW:n aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuslaskelmat.															
5																
6	Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuuden laskemiseksi täytyä lähtötiedot punaisiin soluihin, jotka ovat välttämättömiä lähtötietoja:															
7	Tarkempien ja luotettavampien laskelmien laatimiseksi täytyä tiedot myös sinisiin soluihin:															
8																
9	Tiedot kiinteistön ostosähkön kustannuksista (aurinkosähköjärjestelmän vertailukustannukset):															
10	Sähköenergian ostohinta		4,0	sent/kWh	Vinkki: katso hinta sähkölaskusta											
11	Energiaperusteinen sähkön siirtohint		3,0	sent/kWh	Vinkki: katso hinta sähkön siirtolaskusta											
12	Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu		2,253	sent/kWh	Lähde: https://www.vero.fi/yhtyesot/ ja yhteisöt/bietoa-yhtyesot/verotuksesta/valmisteverotus/sahko_ja_eraat_polttoaineet/sahkon_ja_eraiden_polttoaineiden_verota/											
13	Ostosähkön arvonnaisvero		0%		Yritykset ja kunnat 0%, kuluttajat 24%											
14	Väitulos: aurinkosähkön vertailuhinta eli aurinkosähkön vaihtoehtokustannus		9,3	sent/kWh												
15	Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v		2,0%	/vuosi	Lähde: https://energjavrasto.fi/sahkon-hintatilastot ; http://www.stat.fi/ti/ehi/2019/03/ehi_2019_03_2019-12-11_te_001_fi.html											
16																
17	Tiedot hankittavasta aurinkosähköjärjestelmästä:															
18	Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona kWp		20,0	kWp												
19	Väitulos: järjestelmän koko paneelien pinta-ala noin m ²		736	neliömetriä												
20	Aurinkosähkön vuosituotto järjestelmän sijainnin mukaan		880	kWh/kWp	Lähde: Suomen säteilykartta. Saatavissa: http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmeps/eu_cmef_opt/G_opt_FI.pdf											
21	Väitulos: aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto alussa		77600	kWh												
22	Aurinkovoiman vuositilanteen sähköntuotannon vähenemä %/v		-0,5%	%	Lähde: Wirth Harry, Recent Facts about Photovoltaics in Germany, 2015. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. Saatavissa: https://www.ise.fraunhofer.de/											
23	Aurinkosähkön ylijäämän osuus % vuosituotannosta		10%		Huom. Taloudellisesti kannattavan aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa on tärkeää, että ylijäämän osuus on mahdollisimman alhainen											
24	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta verkkoon sent/kWh		2,0	sent/kWh	Yleensä välillä 2-6 sent/kWh riippuen sähkötyöstä											
25																
26	Tiedot aurinkosähköjärjestelmän hankinta-, ylläpito- sekä rahoituskustannuksista:															
27	Aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen -investointikustannus € (laitteet ja asennus)		€19,090	euroa	Huom. hinnassa ei ole mukana ALV:ä											
28	Väitulos: Järjestelmän vertailuhinta ilman tulleja		€950	euroa/kWp												
29	Mahdollinen investointituki, kotitalousvähennys tms. alkuinvestoinnista, %		20%		Energiatuki https://www.businessfinland.fi/energiatuki/											
30	Öma manos- brändi- tai ympäristötuki investoinnille €		€0	euroa												
31	Väitulos: Järjestelmän investointikustannus sisältäen mahdolliset tuet €		€15,200	euroa	Ohje: Täytä investointikustannus manuaalisesti alla olevan taulukon solumen E46 tai vaihtoehtoisesti lainaerät eri vuosille (ks alla)											
32	Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen määrä		€14,400													
33	Laina-aika tai rahoitussopimuksen pituus		10	vuotta												
34	Lainan tai rahoituksen korko		1,5%													
35	Väitulos: Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen maksuerät/vuosi		€1,440,0	euroa/vuotta	Ohje: Jaa lainaerät manuaalisesti alla olevaan taulukkoon lainavuosien mukaan eri riveille sarakkeeseen E											
36	Investoinnin tuottovaatimus		0,0%		Tuottovaatimus ei ole lässä tapauksessa relevantti, koska investoinnilla vähennetään juoksevia kuluja, jotka eivät ole muuten väitettävissä											
37	Invertterin vaihdon kustannus, osuus alkuinvestoinnista. Oletettu tapahtuvan kerran aurinkosähköjärjestelmän elinaikana 15. vuotena.		8%		Yleensä 6-10% alkuinvestoinnista riippuen järjestelmän koosta: pienissä järjestelmissä osuus on suurempi ja suurissa järjestelmissä pienempi.											
38	Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut)		€100	euroa												

Liite 3. FinSolar-kannattavuuslaskuri, kuva 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
40	Aurinkosähkön kustannus- ja tuottolaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana:															
41																
42	Aurinkosähkijärjestelmän pitoaika ja tuotanto		Aurinkosähkön vertailukustannukset		Aurinkosähkön tuotantokustannukset				Aurinkosähkön ylijäämän myynti			Aurinkosähkön tuotto- ja talouslaskelmat				
43	Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankintakustannus eur/kWh	Aurinkosähkön tuotantoa vastaavan ostosähkön arvo eur/v	Investoinnin kertamaksu tai lainaerät €/v	Rahoituksen korkokulut eur/v	Ylläpito- ja huotokulut eur/v	Aurinkosähkön kustannukset yhteensä eur/v	Aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäämän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä eur/v	Kassavirta eu/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v	Investoinnin nettonykyarvo (NPV) laskentakorolla eur/v	Takaisinmaksu- vuodet	
44	1	17600	0.09 €	€1.628.5	€1.440	€215.9	€100.0	€1.655.9	€0.02	€35.2	€1.500.9	-€155	-€155	-€155	1	
45	2	17512	0.09 €	€1.652.8	€1.440	€172.8	€100.0	€1.712.8	€0.02	€35.7	€1.523.2	-€190	-€345	-€190	1	
46	3	17424	0.10 €	€1.677.4	€1.440	€151.2	€100.0	€1.691.2	€0.02	€36.3	€1.545.9	-€145	-€490	-€145	1	
47	4	17337	0.10 €	€1.702.4	€1.440	€129.6	€100.0	€1.669.6	€0.02	€36.8	€1.569.0	-€101	-€590	-€101	1	
48	5	17251	0.10 €	€1.727.8	€1.440	€108.0	€100.0	€1.648.0	€0.02	€37.3	€1.592.3	-€56	-€646	-€56	1	
49	6	17164	0.10 €	€1.753.5	€1.440	€86.4	€100.0	€1.626.4	€0.02	€37.9	€1.616.1	-€10	-€656	-€10	1	
50	7	17079	0.10 €	€1.779.7	€1.440	€64.8	€100.0	€1.604.8	€0.02	€38.5	€1.640.2	€35	-€621	€35	0	
51	8	16993	0.11 €	€1.806.2	€1.440	€43.2	€100.0	€1.583.2	€0.02	€39.0	€1.664.6	€81	-€540	€81	0	
52	9	16908	0.11 €	€1.833.1	€1.440	€21.6	€100.0	€1.561.6	€0.02	€39.6	€1.689.4	€128	-€412	€128	0	
53	10	16824	0.11 €	€1.860.4	€1.440	€0.0	€100.0	€1.540.0	€0.02	€40.2	€1.714.6	€175	-€237	€175	0	
54	11	16740	0.11 €	€1.888.1		€0.0	€100.0	€100.0	€0.02	€40.8	€1.740.1	€1.640	€1.403	€1.640	0	
55	12	16656	0.12 €	€1.916.2		€0.0	€100.0	€100.0	€0.02	€41.4	€1.766.0	€1.666	€3.069	€1.666	0	
56	13	16573	0.12 €	€1.944.8		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€42.0	€1.792.4	€1.692	€4.761	€1.692	0	
57	14	16490	0.12 €	€1.973.8		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€42.7	€1.819.1	€1.719	€6.480	€1.719	0	
58	15	16407	0.12 €	€2.003.2		€0.0	€1.116.0	€1.116.0	€0.03	€43.3	€1.846.2	€730	€7.210	€730	0	
59	16	16325	0.12 €	€2.033.0		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€43.9	€1.873.7	€1.774	€8.984	€1.774	0	
60	17	16244	0.13 €	€2.063.3		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€44.6	€1.901.6	€1.802	€10.786	€1.802	0	
61	18	16162	0.13 €	€2.094.1		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€45.3	€1.929.9	€1.830	€12.616	€1.830	0	
62	19	16082	0.13 €	€2.125.3		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€45.9	€1.958.7	€1.859	€14.474	€1.859	0	
63	20	16001	0.13 €	€2.156.9		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€46.6	€1.987.9	€1.888	€16.362	€1.888	0	
64	21	15921	0.14 €	€2.189.1		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€47.3	€2.017.5	€1.917	€18.280	€1.917	0	
65	22	15842	0.14 €	€2.221.7		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€48.0	€2.047.5	€1.948	€20.227	€1.948	0	
66	23	15762	0.14 €	€2.254.8		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€48.7	€2.078.1	€1.978	€22.205	€1.978	0	
67	24	15684	0.15 €	€2.288.4		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€49.5	€2.109.0	€2.009	€24.214	€2.009	0	
68	25	15605	0.15 €	€2.322.5		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€50.2	€2.140.4	€2.040	€26.255	€2.040	0	
69	26	15527	0.15 €	€2.357.1		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€50.9	€2.172.3	€2.072	€28.327	€2.072	0	
70	27	15449	0.15 €	€2.392.2		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€51.7	€2.204.7	€2.105	€30.432	€2.105	0	
71	28	15372	0.16 €	€2.427.9		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€52.5	€2.237.5	€2.138	€32.569	€2.138	0	
72	29	15295	0.16 €	€2.464.0		€0.0	€100.0	€100.0	€0.03	€53.3	€2.270.9	€2.171	€34.740	€2.171	0	
73	30	15219	0.16 €	€2.500.7		€0.0	€100.0	€100.0	€0.04	€54.1	€2.304.7	€2.205	€36.945	€2.205	0	
74	YHTEENSÄ	491448		€61,039		€993,5	€3,916.0	€19,309.5		€1,319.3	€66,254.3				6	
75																
76	Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat															
77	Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden käyttöiällä				2,205 €											6
78	Takaisinmaksuaika laskentakorolla				6											vuotta
79																
80	Vertaa:															
81	Aurinkosähkön omakustannushinta 30 vuoden pitoajalla				3.9											snt/kWh
82	Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden aikana				12.5											snt/kWh
83																
84	Kannattavuuslaskurin v1.0 tekijät: Juntunen Jouni, Jalas Mikko ja Auvinen Karoliina. 2015. FinSolar-hanke, Aalto-yliopisto.															
85	Kannattavuuslaskurin v1.1 tekijät: Auvinen Karoliina ja Rummukainen Miika. 2020. Canemure-hanke, Suomen ympäristökeskus SYKE.															

Liite 4. FinSolar-kannattavuuslaskuri, kuva 2.



Liite 5. Aurinkosähköjärjestelmän kumulatiivinen tuotto vs. kumulatiiviset kustannukset 30 vuoden ajalta.

