



Sami Lindqvist

Aurinkosähköjärjestelmien mitoitus- työkalu myynnin ja markkinoinnin tarpeisiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

1.5.2022

Tiivistelmä

Tekijä:	Sami Lindqvist
Otsikko:	Aurinkosähköjärjestelmien mitoitus työkalu myynnin ja markkinoinnin tarpeisiin
Sivumäärä:	45 sivua + 3 liitettä
Aika:	1.5.2022
Tutkinto:	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	talotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine:	LVI-tekniikka
Ohjaaja:	lehtori Pasi Partonen

Pientalojen aurinkosähköjärjestelmien myyjät eivät usein ole riittävän ammattitaitoisia järjestelmien mitoittamiseen tai valitsemaan niissä käytettäviä komponentteja. Oikein mitoitettu ja oikeilla komponenteilla rakennettu järjestelmäkokonaisuus on kuitenkin merkittävin tekijä takaamaan asiakkaalle luotettava sekä taloudellisesti kannattava aurinkosähköjärjestelmä. Opinnäytetyö on toteutettu yritykselle, joka tarjoaa pientalojen aurinkosähköjärjestelmien asennusta ja suunnittelua. Yritys on halunnut pysyä salassa.

Opinnäytetyön tavoitteena on tehdä yrityksen käyttöön Excel-laskuri, jolla voidaan laskea asiakkaalta kysyttävien lähtötietojen syöttämisen jälkeen luotettavasti oikean kokoinen aurinkosähköjärjestelmä. Laskuri antaa myös tarkemmat tiedot käytettävistä komponenteista ja niiden ominaisuuksista. Näiden perusteella laskuri antaa järjestelmälle hinnan tarjouksen laadintaa varten ja laskelman taloudellisesta kannattavuudesta. Tässä opinnäytetyössä keskitytään vain pientalojen aurinkosähköjärjestelmiin.

Opinnäytetyön Excel-laskurissa huomioidaan käytettävyys ja selkeys sekä muokattavuus. Tuloksena on toimiva, helppokäyttöinen ja muokattavissa oleva laskentatyökalu, jolla saavutettiin merkittäviä hyötyjä yrityksen myynnille ja asiakaspalvelulle.

Aurinkosähköjärjestelmien mitoitukseen vaikuttavat monet eri tekijät. Näiden kaikkien tarkka huomioiminen on haastavaa varsinkin vain asiakkaalta kysyttävien lähtötietojen pohjalta. Tämän vuoksi laskurissa on epävarmuustekijöitä, joita on mahdollista kuitenkin tarkentaa tulevaisuuden asennuskohteista saatavalla tilastoidulla datalla. Laskuri siis on muokattavissa ja kehitettävissä tarkemmaksi sen mukaisesti, mitä enemmän toteutuneista kohteista saatua dataa tilastoidaan ja viedään laskuriin.

Toteutunut laskentatyökalu on jatkokehitettävissä myös mökki- ja suurempia kohteita varten. Laskentatyökalussa voidaan jatkokehityksessä myös huomioida tarkemmin taloudellista kannattavuutta ja erilaisten energiatottumuksien huomioimista.

Avainsanat: aurinkosähkölaskuri, aurinkopaneelilaskuri, aurinkosähkö, kannattavuuslaskuri, aurinkosähköjärjestelmä

Abstract

Author: Sami Lindqvist
Title: Sizing Tool for Photovoltaic Systems for Sales and Marketing
Number of Pages: 45 pages + 3 appendices
Date: 1 May 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Technology
Supervisor: Pasi Partonen, Senior Lecturer

The purpose of the thesis was to make an Excel-based calculator to calculate a correctly sized photovoltaic system for detached houses on the basis of reliable data from a customer. The calculator was also to yield detailed information about suitable components and their properties. Furthermore, the calculator was to provide a price to be used in a tender, and an estimation of profitability.

The multiple factors affecting the sizing of photovoltaic systems were identified and taken into consideration in the final year project. The challenges of correctly collecting them all were recognized, especially only on the basis of the customers' initial data. Therefore, there are uncertainties in the calculator. However, it would be possible to refine the calculator using statistical data from the installation sites in the future to make it more accurate with the real data from installation sites. Furthermore, the calculator could also be further revised for cottages, -and larger properties, and the financial viability and different energy habits could be given more room in the calculator.

The result of the thesis is a functional, easy to use and customizable computing tool that offers significant benefits for the service and sellers of the commissioning company.

Keywords: photovoltaic energy calculator, solar panel calculator, solar energy, profitability calculator, photovoltaic system

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet	1
1.2	Työn toteutus	2
2	Aurinkosähköjärjestelmät	3
2.1	Yleisesti	3
2.2	Oikean kokoisen järjestelmän mitoitus	5
2.3	Muuta huomioitavaa järjestelmän valinnassa	6
3	Käytetyt laskentaperusteet ja mallit	7
3.1	Laskentaperusteet	7
3.1.1	Tuotettu aurinkosähköenergia	8
3.1.2	Järjestelmän teho	12
3.1.3	Akusto	15
3.1.4	Investointilaskenta	18
3.1.5	Muut perusteet	22
3.1.6	Epävarmuustekijät	22
4	Aurinkosähköjärjestelmän laskuri	24
4.1	Tuloksien määrittäminen laskurissa	24
4.1.1	Laskurin kysymykset	25
4.1.2	Laskurin tulokset	32
4.1.3	Laskurin datavälilehdet	35
4.2	Yleisesti laskurista	35
5	Esimerkkilaskelma ja tulosten vertailu	36
5.1	Laskurin laskelmat ja tulokset	36
5.2	Tuntidataperusteinen laskelma ja tulokset	38
5.3	Finsolarin kannattavuuslaskurivertailu	40
5.4	Lopputulos	41
6	Yhteenveto	42
	Lähteet	44

Liitteet

Liite 1: Omakotitalon 1 ja 2 lähtötiedot ja tulokset laskurissa

Liite 2: PVGIS-työkaluun syötetyt lähtötiedot, omakotitalo 1 ja 2

Liite 3: Finsolar-laskuriin syötetyt lähtötiedot ja tulokset, omakotitalo 1 ja 2

Lyhenteet

- a: Kaavojen selitteissä vuosi.
- off-grid*: Sähköverkosta irti oleva aurinkosähköjärjestelmä.
- on-grid*: Sähköverkon rinnalle kytketty aurinkosähköjärjestelmä.
- PVGIS: *Photovoltaic Geographical Information System*. Euroopan komission ylläpitämä verkkopohjainen laskentatyökalu, jolla voidaan arvioida aurinkosähkövoimalan tuotantoa paikallisesti.
- ROI: *Return on investment*. Kertoo, kuinka paljon investointiin sijoitettu, tuottoa vaativa pääoma on tuottanut prosentteina. Kutsutaan myös pääoman tuottoasteeksi.
- ST-kortisto: Sähkötietokortisto, jota ylläpitää Sähköinfo Oy. Aineisto sisältää sähköasennuksiin ja niiden toteutukseen liittyviä ohjekortteja, käsikirjoja, oppaita ja pöytäkirjamalleja.
- TEM: Työ- ja elinkeinoministeriö
- tuntidata: Kohteesta sähkö- tai verkkoyhtiöltä saatava tietyn ajanjakson tuntikohtainen erittely käytetystä sähköenergiasta.
- YM: ympäristöministeriö.

1 Johdanto

1.1 Opinnäytetyön tausta ja tavoitteet

Aurinkosähköjärjestelmät ovat yleistymässä muiden uusiutuvien energialähteiden tapaan. Uusiutuvien energialähteiden käyttöä pyritään tällä hetkellä voimakkaasti lisäämään poliittisesti hallitusohjelmissa ja valtakunnallisesti ohjaamaan niiden käytön kannattavuutta. Kansallinen kunnianhimoinen pitkän aikavälin energia- ja ilmastostrategiamme tulee vaatimaan kasvihuonepäästöjen vähentämistä 80–95 % vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Tämän hetken energiatuotanto ja -kulutus synnyttävät kolme neljäsosaa kasvihuonepäästöistämme, kun siihen huomioidaan mukaan liikenteen käyttämä energia. Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi myös aurinkosähköjärjestelmät tulevat olemaan osana kokonaisratkaisua. Aurinkosähköjärjestelmien kysyntä kasvaa tällä hetkellä myös kuluttajien tietoisuuden sekä kiinnostuksen noustessa. (Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030: 4.)

Opinnäytetyön tavoitteena on luoda aurinkosähköjärjestelmien asennuksia toteuttavalle yritykselle laskentatyökalu pientalojen aurinkosähköjärjestelmien laskentaa varten. Laskentatyökalun tarkoitus on tehostaa myynnin ja markkinoinnin työskentelyä. Tavoitteena on saavuttaa työkalu, jolla myynti voi asiakkaalta kysytyillä lähtötiedoilla antaa nopeasti tarjouksen sekä tarkemmat tiedot juuri asiakkaan tarpeita vastaavasta järjestelmäkokonaisuudesta. Laskurista on tavoitteena tehdä yksinkertainen ja helposti muokattavissa oleva. Yritys on halunnut pysyä salassa, joten jatkossa käytetään siitä nimitystä Yritys x.

Laskurityökalu rakennetaan siten, että se voidaan helposti konvertoida web-se-lainpohjaiseksi. Näin Yritys x voi toteuttaa kotisivuilleen laskurin, jolla asiakas itsenäisesti täyttää tarvittavat lähtötiedot ja saa suoraan tarkemmat tiedot oikeasta järjestelmäkokonaisuudesta tarjouksineen.

Laskurityökalussa keskitytään vain pientalojen sähköverkon rinnalle kytkettäviin *on grid* -aurinkosähköjärjestelmiin, jotka muodostuvat aurinkopaneeleista. Tulevaisuudessa on mahdollista laajentaa laskuria myös suurempiin kohteisiin sekä sähköverkosta irti oleviin *off grid* -aurinkosähköjärjestelmiin.

1.2 Työn toteutus

Laskurityökalun kehittäminen aloitettiin kartoittamalla Yritys x todellinen tarve luotavaa laskuria varten. Yrityksen x kanssa pidettiin useita palavereja näiden tarpeiden selvittämiseksi. Näiden pohjalta selvisi, että tarve on saada asiakkaalle mahdollisimman oikeankokoisen aurinkosähköjärjestelmän laskeva sekä samalla tarjouksen antava työkalu. Näiden peruslähtökohtien lisäksi laskurin tulisi antaa tarvittavia lisätietoja järjestelmäkokonaisuudesta, jotka tuottavat lisäarvoa myynnille ja asiakkaalle.

Itse laskurin luominen alussa vaati paljon laskukaavojen etsintää sekä tilastojen hankintaa. Aurinkosähköjärjestelmien laskentaan vaikuttavat monet eri tekijät. Näiden kaikkien eri tekijöiden huomioiminen ja sopivien laskentamallien toteuttaminen on vaatinut paljon taustatyötä.

Työn edistymisen mukaan pidettiin useita suunnittelupalavereja, joissa seurattiin laskurin edistymistä ja haettiin korjaus- sekä parannuskohteita yhteisesti. Näiden palaverien yhteydessä kirjattiin tehtävän jakoa, jotka muodostuivat Yrityksen x tai itseni vastattaviksi. Parannuksien edistäminen ja lisäyksien toteuttaminen vaati usein lähtötietotarpeita myös Yrityksen x suunnasta.

Laskurin viimeistelyvaiheessa jatkoimme suunnittelupalaverien pitämistä. Näissä Yritys x pääsi ohjaamaan toivottua ulkoasua ja toiminnallisuutta laskurin osalta. Laskurin viimeistellyn ulkoasun jälkeen laskuri toimitettiin Yritykselle x käyttöön. Yritys x pitää käytössä tulleita puutteita esillä, ja niitä voidaan korjata tulevaisuudessa yhteisesti.

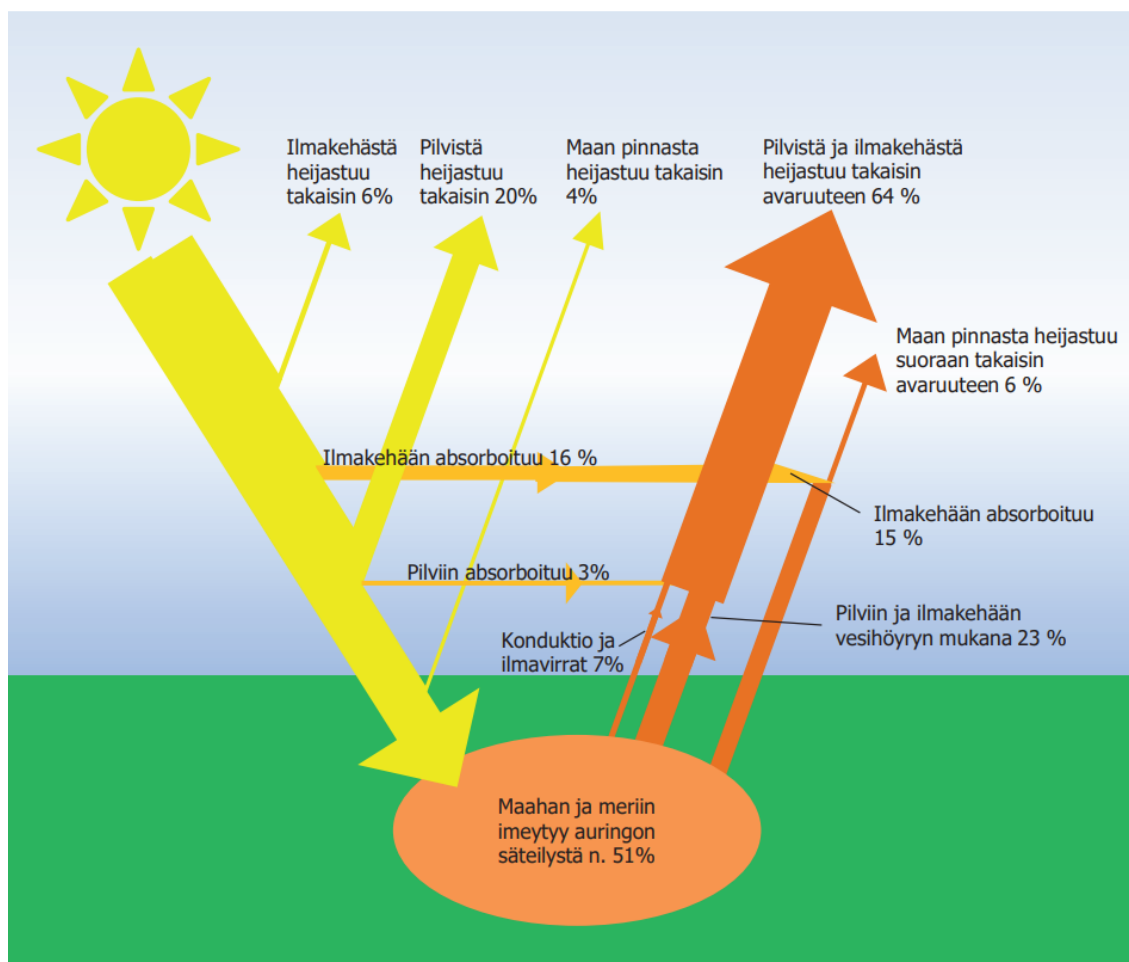
2 Aurinkosähköjärjestelmät

2.1 Yleisesti

Aurinkosähköjärjestelmissä käytössä olevien aurinkopaneeleiden toimintaperiaate on melko yksinkertainen. Aurinkopaneeleiden puolijohdemateriaalit reagoivat auringon säteilystä tuleviin fotoneihin, jonka seurauksena syntyy sähköenergiaa. Aurinkopaneeleissa käytettyjen puolijohdinmateriaalien ja niiden toimivuus sekä auringon säteilyn intensiteetti ovat merkittävimpiä ominaisuuksia näissä järjestelmissä. (Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2021: 10; Auringosta sähköä 2021.)

Auringon säteilyintensiteetti on voimakkuudeltaan noin 73 MW/m^2 . Auringon säteilyn intensiteetti maan kaasukehän ulkorajalla on kuitenkin vain noin $1\,370 \text{ W/m}^2$. Tätä arvoa kutsutaan aurinkovakioksi. Aurinkovakiolla määritetään säteilyn intensiteetin teoreettinen yläraja maan pinnalle. Käytännössä siis kuitenkin maan pinnalla saavutetaan vain intensiteetti noin $1\,000 \text{ W/m}^2$. Tähän voimakkuuteen vaikuttavat maantieteellisen sijainnin lisäksi myös ilmakehämme olosuhteet. Auringon säteilyn intensiteetti maan pinnalla on korkein päiväntasaajalla ja heikoin napa-alueilla. (Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2021: 9–10.)

Aurinkosähkön tuottaminen perustuu tämän auringon säteilyn tuottaman intensiteetin hyödyntämiseen ja siinä syntyvään valosähköilmiöön. Auringon tuottama säteily koostuu fotonihukkasista, jotka toimivat kuljettajina auringon säteilyenergialle. Osuessaan aurinkopaneeleihin nämä fotonit luovuttavat energiansa aurinkopaneeleiden puolijohdemateriaalien elektroneille. Fotoneista saatavasta energiasta elektronit muodostavat sähkövirtaa. (Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2021: 9–11; Auringosta sähköä 2021.)



Kuva 1. Auringon säteilyenergian kulku ilmakehässä (Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2021: 9).

Kuvassa 1 esitetään auringon säteilyenergian kulkua ilmakehässä. Tästä voidaan tulkita, että ilmakehän eri kerrokset heijastavat säteilyä, joka heikentää maan pinnalle tulevan säteilyenergian määrää. Aurinkosähköjärjestelmien laskennassa ja sovelluksissa tarkastelun kohteena usein on auringon vuotuinen kokonaissäteily maan pinnalla. Aurinko säteilee vuotuisesti Etelä-Suomessa noin 980 kWh/m^2 ja Pohjois-Suomessa noin 750 kWh/m^2 . Nämä arvot ovat kohdittuoraan tulevan auringon säteilyn tuottamia intensiteettiarvoja maan pinnalla. (Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2021: 10.)

2.2 Oikean kokoisen järjestelmän mitoitus

Aurinkosähköjärjestelmien kannattavuuden yksi merkittävimmistä tekijöistä on oikean kokoisen järjestelmän mitoitus ja toteuttaminen. Oikeankokoisen aurinkosähköjärjestelmän valintaan vaikuttavat monet eri tekijät. Näistä kuitenkin yksi merkittävimmistä on kohteen sähkönkulutus sekä kulutuksen käyttöaste ajan kohtaan nähden, jolloin aurinkosähköä on tuotettavissa. Jokaisen kodin sähkönkulutukseen vaikuttavat monet eri tekijät. Näistä tekijöistä mainittakoon asumismuoto, lämmitysmuoto, sähkötalutuksen tottumukset, asunnossa asuvien ihmisten lukumäärä. (Liuksiala, Lotta 2015.)

Toinen merkittävä tekijä on katon soveltuvuus järjestelmän asennukselle. Katon lappeiden suuntaus, kaltevuus ja katon muut rakenteelliset ominaisuudet vaikuttavat siihen, kuinka edullisesti järjestelmä voidaan toteuttaa ja kuinka tehokkaasti se pystyy tuottamaan aurinkoenergiaa. (Liuksiala, Lotta 2015.)

Aurinkosähköjärjestelmä tulee mitoittaa niin, että mahdollisimman suuri määrä tuotetusta sähköenergiasta hyödynnetään itse. Näin saavutetaan tällä hetkellä taloudellisesti kannattavin järjestelmäkokonaisuus. Tämä on merkittävä tekijä oikean kokoisen aurinkosähköjärjestelmän mitoittamisessa. Tämä tarkoittaa sitä, että omakäyttöaste olisi mahdollisimman suuri verrattuna aurinkosähköjärjestelmällä tuotettuun sähköenergiaan. Omakäyttöaste kertoo, kuinka paljon järjestelmän tuottamasta sähköenergiasta käytetään itse. Hyvänä omakäyttöasteena voidaan pitää arvoa 70–80 %. Suurempi arvo alimitoittaa järjestelmän, kun taas alle 50 %:n arvo nostaa tuotetun sähköenergian kustannuksia. (Liuksiala 2015; Kunnilla vaihtoehtoja aurinkosähkön hankintaan 2019.)

Aurinkosähköjärjestelmissä käytettävien aurinkopaneelien nimellisteho ilmoitetaan piikkiwattina W_p . Tämä ilmoitettava nimellisteho on määritetty laboratoriossa standardiolosuhteissa, joissa auringon intensiteettinä on $1\,000\text{ W/m}^2$ ja aurinkokennojen lämpötilana vakio 25 °C . Näin on voitu luoda vertailtava arvo, jota voidaan hyödyntää laskelmien pohjana. Aurinkopaneelien valmistajat on vaadittu ilmoittamaan tämä arvo tuotetiedoissaan. Kuitenkin käytännössä

aurinkopaneelit voivat tuottaa olosuhteista riippuen ilmoitettua nimellistehoa jopa enemmän tai vähemmän tehoa. Vaikuttavia tekijöitä tämän osalta ovat esimerkiksi pilvinen sää ja aurinkopaneeleita ympäröivä lämpötila. (Aurinkosähköjärjestelmän teho 2021.)

2.3 Muuta huomioitavaa järjestelmän valinnassa

Järjestelmän komponenttien hintataso määräytyy komponenttien laadun ja tuotekuiden mukaan. Mitä laadukkaampi on tuote, sitä kalliimpi on hinta. Laadukkaammilla tuotteilla on pidempi takuu-aika ja paremmat tuoteominaisuudet.

Aurinkopaneeleiden merkittävimmät tekijät taloudellisesti kannattavan järjestelmäkokonaisuuden valintaan ovat hinta ja nimellisteho. Mitä parempi on hinnan ja nimellistehon suhde, sitä kannattavampaa sähköenergian tuottaminen on.

Järjestelmän hankinnassa on hyvä huomioida, että siihen on mahdollista hakea valtion myöntämää kotitalousvähennystä. Kotitalousvähennys lasketaan työkuksannuksien osuudesta. Vuonna 2022 saatava kotitalousvähennys osuus on 40 % työn osuudesta. Tarkemmin voimassa olevan vuosittain vaihtelevan kotitalousvähennys määrän voi tarkistaa verohallinnon sivuilta. (Kotitalousvähennys 2022.)

Järjestelmän sijoittelussa tulisi huomioida, että aurinkopaneeleihin ei pääse syntymään varjostuksia esimerkiksi puustosta. Sijoittelua voidaan vesikatolla hie-
man säädellä, mutta tiettyjen rajojen sisällä. Puustoa voidaan myös tarpeen mukaan karsia.

3 Käytetyt laskentaperusteet ja mallit

Laskurin laskentaa varten on kerätty tietoa ja kaavoja käytössä olevista ST-kortiston käsikirjoista, ohjekorteista ja oppaista. Näissä esitetyt kaavat ja perusteet on hyödynnetty laskurin laskentakaavoihin. Käytettyjä teoksia ovat olleet:

- Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus ST-Käsikirja 40 2021, 2., uudistettu painos
- YM Aurinko-opas 2012, Aurinkolämmön ja -sähkön energiantuoton laskennan opas
- ST 55.33 Aurinkoenergiaa hyödyntävät laitteet ja niiden liittäminen rakennuksen sähkönjakelujärjestelmään.

Laskentaa varten on tarvittu tilastoitua dataa, jolla tarkennetaan laskelmia. Näitä on saatu eri lähteistä ja hyödynnetty yhdistelemällä niitä keskenään. Tilastodatasta on hyödynnetty seuraavia lähteitä:

- PVGIS
- Ilmatieteen laitos
- Motiva
- kohdekohtainen tuntidata.

3.1 Laskentaperusteet

Laskurin laskentaperusteina on käytetty kerättyä tilastoa sekä ohjekorteissa ja oppaissa esitettyjä laskentakaavoja. Laskentakaavoja on myös johdettu kokemus- ja käytäntöperusteisesti. Näiden yhdistelmällä laskuri toimittaa saatavia tuloksia. Tässä luvussa kerrotaan olennaisimmat kaavat ja perusteet, joiden mukaan aurinkosähköjärjestelmän teho ja taloudellinen hyöty lasketaan.

3.1.1 Tuotettu aurinkosähköenergia

Aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia laskettiin kaavan (1) avulla,

$$E_{s,pv,out} = \frac{E_{sol} \cdot P_{maks} \cdot F_{käyttö}}{I_{ref}} \cdot T_1 \quad (1)$$

E_{sol} vuosittainen säteilyenergia, joka kohdistuu aurinkosähkökennoihin [kWh/m², a]

P_{maks} aurinkosähkökennojen tuottama maksimi sähköteho, jonka kenno tuottaa referenssisäteilytilanteessa ($I_{ref} = 1 \text{ kW/m}^2$, referenssilämpötilassa 25 °C) [kWp]. Tuotekohtaisesti valmistajan ilmoituksen mukainen

$F_{käyttö}$ käyttötilanteen toimivuuskerroin [-] (taulukko 1, s. 9)

I_{ref} referenssisäteilytilanne [1 kW/m²]

T_1 toimivuuskerroin, omakäyttöaste (taulukko 2, s. 9).

Kennostoon kohdistuva auringonsäteilyn energia vuoden aikana laskettiin kaavan (2) avulla,

$$E_{sol} = E_{sol,hor} \cdot F_{asento} \quad (2)$$

$E_{sol,hor}$ rakennuksen sijaintipaikasta riippuva vaakatasolle osuvan auringonsäteilyn kokonaisenergian määrä vuodessa [kWh/m², a] (taulukko 3, s. 10)

F_{asento} aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin [-] (kaava 3, s. 11).

Taulukko 1. Käyttötilanteen toimivuuskertoimet asennustapojen mukaan (Heimonen Ismo 2011: 22).

Aurinkokennon asennustapa	Käyttötilanteen toimivuuskertoimien $F_{käyttö}$ [-]
Tuulettamaton moduli	0,70
Hieman tuuletettu moduli	0,75
Voimakkaasti tuulettuva tai koneellisesti tuuletettu moduli	0,80

Laskurin tuottamissa laskelmissa käytetään hieman tuuletetun modulin toimivuuskerointa, koska käytettävät aurinkopaneelit ja niiden asennustavat vastaavat tätä parhaiten (taulukko 1).

Taulukko 2. Toimivuuskertoimien, omakäyttöaste.

Valinnan mukaan	Toimivuuskertoimien, omakäyttöaste T_1
Oletusarvo ilman lisävalintaa	0,85
Sähkönkulutuksen ohjaus lämminkäyttövesi valittuna	0,90
Akustojärjestelmä valittuna	1,00

Taulukon 2 mukaisilla kertoimilla kompensoidaan järjestelmän todellista omakäyttöastetta eri ominaisuuksien valintojen mukaisesti. Saadut kertoimet perustuvat tilastoituun dataan toteutuneista kohteista ja niistä suoritettuihin laskelmiin. Tilastoitua dataa ei esitetä opinnäytetyössä.

Taulukko 3. Vaakatasolle osuvan auringonsäteilyn kokonaisenergian määrä paikkakunnittain.

Säteilyenergiat vaakasuoralle pinnalle (kallistuskulma 0°) paikkakunnittain 2010–2020 keskiarvon mukaisesti, (kWh/m², kk)					
	Uusimaa	Varsinais-Suomi	Kanta-Häme	Satakunta	Pirkanmaa
Kuukausi	Helsinki	Turku	Hämeenlinna	Pori	Tampere
Tammikuu	6,59	6,85	5,74	5,54	5,24
Helmikuu	19,22	22,86	20,86	20,80	19,98
Maaliskuu	64,17	68,29	65,34	67,01	63,08
Huhtikuu	111,70	111,96	105,68	110,56	103,27
Toukokuu	167,04	167,75	155,11	163,36	152,70
Kesäkuu	171,42	175,78	162,73	172,33	161,59
Heinäkuu	173,06	169,41	157,99	165,61	154,97
Elokuu	134,18	132,40	123,57	126,90	121,78
Syyskuu	74,11	74,33	65,98	69,95	64,04
Lokakuu	33,60	34,09	30,44	32,23	29,61
Marraskuu	8,96	9,26	7,37	7,88	7,02
Joulukuu	3,85	3,55	2,54	2,34	2,10
Vuosi	967,90	976,52	903,34	944,50	885,39

Taulukon 3 arvot on saatu hyödyntämällä PVGISin avulla saatua dataa paikkakunnittain. Kohdistuspisteenä on käytetty paikkakunnittain vesistöä tai lentokenttäaluetta. Näin on voitu varmistaa piste, jossa varjostumien syntyminen on epätodennäköistä. Taulukon kaupunkien mukaisesti on laskuriin määriteltä maakunnan mukainen säteilyenergia. Käytettävät kaupungit on valikoitu Yritys x:n tilausmäärien perusteella siten, että suurimpien tilauskantojen kaupungit on valikoitu listaukseen.

Aurinkosähkökennon ilmansuunnan ja kallistuskulman mukainen korjauskerroin laskettiin kaavan (3) avulla,

$$F_{asento} = F_1 F_2 \quad (3)$$

F_1 ilmansuunnan mukainen kerroin (taulukko 4, s. 11)

F_2 kallistuksen mukainen kerroin (taulukko 5, s. 11).

Taulukko 4. Ilmansuunnan mukainen kerroin (Heimonen 2011: 21).

Suuntaus	F_1
etelä/kaakko/lounas	1,0
Itä/länsi	0,8
pohjoinen/koillinen/luode	0,6

Laskurissa ilmansuunnan kerroin huomioidaan laskennassa ilmansuunnan vallinnan mukaisesti taulukon 4 mukaan. Suuntauksena etelä on paras ja pohjoinen/koillinen/luode huonoin.

Taulukko 5. Kallistuksen mukainen kerroin (Heimonen 2011: 21).

Kallistus- Kulma	Kerroin F_2
<30°	1,0
30°...70°	1,2
>70°	1,0

Kallistuksen mukainen kerroin määräytyy käytännössä omakotitalon kattokulman taulukon 5 mukaisesti. Laskurissa valitaan taulukon mukaisesti kattokulma asennettavalle järjestelmälle.

3.1.2 Järjestelmän teho

Omakotitalon lämmitysmuoto vaikuttaa aurinkosähköjärjestelmän tehomitoitukseen. Eri lämmitysmuodot kuluttavat eri määrän sähköenergiaa. Näin ollen myös aurinkosähköjärjestelmällä tuotettua sähköenergiaa voidaan hyödyntää vaihtelevasti riippuen lämmitysmuodosta. Tämä on yksi merkittävä tekijä järjestelmän mitoitukseen. Eri lämmitysmuotojen huomioimisessa on käytetty energiatodistuksen laadintaan vaadittuja lämmitysmuotokertoimia. Nämä on esitetty valtioneuvoston asetuksessa (788/2017), jossa 1 §:ssä on esitetty maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 117 g §:ssä tarkoitetut rakennuksissa käytettävät energiamuotojen kertoimien lukuarvot (taulukko 6, s. 12).

Taulukko 6. Eri energiamuotojen lämmitysmuotokertoimet (Valtioneuvoston asetus 788/2017 1 §).

Maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) 117 g §:ssä tarkoitetut rakennuksissa käytettävät energiamuotojen kertoimien lukuarvot	
sähkö	1,20
kaukolämpö	0,50
kaukojäähdytys	0,28
fossiiliset polttoaineet	1,00
uusiutuvat polttoaineet	0,50

Taulukon 6 mukaisista kertoimista ei ole voitu suoraan päätellä kaikkia laskurin valinnoissa olevia lämmitysmuotoja. Maalämmön sekä ilma-vesilämpöpumpun kertoimet on laskettu järjestelmien vuosilämpökertoimien keskiarvolla (taulukko 7, s. 13).

Taulukko 7. Muiden lämmitysmuotojen energiamuotokertoimet.

Vuosilämpökertoimien mukaan lasketut energiamuotokertoimet	
maalämpö	0,40
ilma-vesilämpöpumppu	0,56

Taulukon 7 mukaiset kertoimet on saatu laskemalla energiamuotojen vuosilämpökertoimien keskiarvot jaettuna taulukon 6 mukaisella sähkön kertoimella. Vuosilämpökertoimien keskiarvot on laskettu Motivan ilmoittaman vaihtelukertoimen mukaisesti. Vaihtelukerroin on ilmoitettu Motivan mukaan olevan maalämmölle 2,5–3,5 ja vesi-ilmalämpöpumpuille 1,4–2,7. (Maalämpöpumppu 2021.; Ilma-vesilämpöpumppu 2021.)

Aurinkosähköjärjestelmän kokonaisteho lasketaan lämmitysmuotojen energiamuotokertoimien kaava 4 avulla,

$$P_{max,tot} = P_{max} \cdot L_1 \quad (4)$$

P_{max} järjestelmän teho

L_1 lämmitysmuodon energiamuotokerroin (taulukot 6 ja 7, s. 12–13).

Laskennassa kaavan 4 järjestelmän teho määräytyy kohteen sähkönkokonaiskulutuksen mukaan. Tässä käytetään laskuriin annettuja arvoja, jotka perustuvat eri kokoisien toteutuneiden kohteiden tilastoituu dataan. Tässä tilastoinnissa on huomioitu eri lämmitysmuodot ja sähkön kokonaisenergian kulutus sekä sähkönkulutuksen kohdekohtaiset energiatottumukset. Tilastoinnissa on ollut käytettävissä kohteista sähköverkkoyhtiöltä saatava tuntidata. Aineistoa on kerätty yhteensä 68 asennuskohteesta. Tätä kerättyä tilastoitua dataa ei esitetä opinnäytetyössä.

Tehon laskentaan vaikuttaa suoritetaanko järjestelmälle sähkönkulutuksen ohjausta. Tässä tapauksessa tarkoitetaan lämpimän käyttöveden lämminvesivaraajan kytkentää siten, että sitä lämmitetään automaattisesti silloin, kun aurinkosähköjärjestelmä tuottaa riittävästi energiaa. Tämä valinta tulee nostamaan järjestelmän kokonaistehoa lämminvesivaraajan vaatimuksien mukaisesti, mutta parantaa omakäyttöastetta. Tätä varten tulee laskea ensin käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia kaavan 5 avulla,

$$Q = \frac{\rho \cdot c_p \cdot V \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad (5)$$

ρ veden tiheys $1000 \frac{kg}{m^3}$

c_p veden ominaislämpökapasiteetti $4,2 \frac{kJ}{kg^\circ C}$

V lämpimän käyttöveden kulutus 31 m^3 vuodessa

t_1 lämmitetyn veden lämpötila $58 \text{ }^\circ\text{C}$

t_2 lämmitettävän veden lämpötila $8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Lämpimän käyttöveden kulutus on laskettu kahdelle hengelle Motivan 2020 tekemän tutkimuksen mukaisesti. Motivan 2020 tekemän tutkimuksen mukaan keskimääräinen lämpimän käyttöveden kulutus oli 42 litraa henkilöä kohden päivässä. (Vedenkulutus 2021.)

Sähkönkulutuksen ohjauksen mukainen järjestelmän kokonaistehon lisäys huomioidaan käyttöveden lämmittämiseen kuluvan kokonaisenergian, auringonpaiste tuntien, omakäyttöasteen toimivuuskertoimen ja järjestelmän todellisen kokonaistehon mukaisesti. Arvo laskettiin kaavan 6 avulla,

$$P_{o,lisäys} = \frac{Q}{A_{paiste,vuosi,ka} \cdot \frac{1}{3}} \cdot (1 - T_1) \cdot P_{max,tot.} \quad (6)$$

$P_{o,lisäys}$	järjestelmän kokonaistehon lisäys sähkönkulutuksen ohjaus huomioiden [kWp]
Q	käyttöveden lämmittämiseen kuluva kokonaisenergia vuodessa [kWh]
$A_{paiste,vuosi,k.a}$	auringonpaistetuntien keskiarvoinen määrä vuodessa, joka on laskennassa 1 842 tuntia vuodessa
$\frac{1}{3}$	kerroin, jolla kompensoidaan todellista hyödynnettävissä olevaa auringonpaistetuntien määrää lämminvesivaraajan käyttöön
T_1	omakäyttöasteen toimivuuskerroin (taulukko 2, s. 9)
$P_{max,tot.}$	järjestelmän todellinen kokonaisteho [kWh].

Sähkönkulutuksen ohjauksella voidaan saavuttaa merkittäviä taloudellisia hyötyjä, kun lämpimän käyttöveden kuluttamaa energiaa ohjataan käytettäväksi aurinkosähköjärjestelmän tuotannolla.

Auringonpaistetuntien määrä on saatu ilmatieteenlaitoksen tilastoista. Käytettävissä olevista tilastoista saatiin auringonpaistetuntien keskiarvoinen lukumäärä Helsingistä sekä Turusta vuosien 1991–2020 ajanjaksolle. (Auringonpaiste- ja säteilytilastot 1991–2020.)

3.1.3 Akusto

Akustojärjestelmän laskennassa on huomioitu valmistajan ilmoittama akuston käyttöteho, jonka perusteella huomioidaan aurinkosähköjärjestelmän kokonaistehon lisäys. Kokonaistehon lisäys lasketaan akuston todellisen tehontuoton perusteella.

Akuston todellinen tehontuotto saadaan huomioimalla valmistajan ilmoittama akustojen tehokapasiteetin pudotus 10 vuoden ajanjaksolla. Akuston mitoittaminen todellisen tehontuoton mukaan lisää investoinnin kannattavuutta, koska järjestelmää ei ylimitoiteta. Akuston todellinen tehontuotto laskettiin kaavan (7) avulla,

$$A_{\text{todellinenteho}} = A_{\text{käyttöteho}} \cdot 0,6 \quad (7)$$

$$A_{\text{todellinenteho}} = A_{\text{tehon lisäys}}$$

$A_{\text{todellinenteho}}$ akuston laskennallinen todellinen tehontuotto [kWh]

$A_{\text{käyttöteho}}$ akustovalmistajan ilmoittama maksimi tehontuotto [kWh]

0,6 valmistajan ilmoituksen mukainen korjauskerroin tehontuotantoon 10-vuoden ajanjaksolle

$P_{\text{tehon lisäys}}$ aurinkosähköjärjestelmän kokonaistehon lisäys akustojärjestelmä huomioiden [kWh].

Akuston todellinen kannattavuus saadaan laskettua huomioiden käytettävissä olevien latauksien määrä vuodessa sekä akuston tuottama sähköenergia vuodessa. Akuston latauskerrat vuodessa laskettiin kaavan (8) avulla,

$$L_{\text{vuosi}} = A_{\text{todellinenteho}} \cdot A_{\text{paiste,vuo,k.a}} \cdot \frac{1}{3} \quad (8)$$

L_{vuosi} akuston latauskerrat vuodessa

$A_{\text{todellinenteho}}$ akuston laskennallinen todellinen tehontuotto [kWh]

$A_{\text{paiste,vuosi,k.a}}$ auringonpaistetuntien keskiarvollinen määrä vuodessa, joka on laskennassa 1 842 tuntia vuodessa.

$\frac{1}{3}$

kerroin, jolla kompensoidaan todellista hyödynnettävissä olevaa auringonpaistetuntien määrää lämminvesivaraajan käyttöön.

Lämpimän käyttöveden lämmittämiseen lämminvesivaraajalla käytettävissä olevien auringonpaistetuntimäärien kerroin $\frac{1}{3}$ on saatu tilastoidulla datalla toteutuneista kohteista ja niiden perusteella tehdyistä arvioista. Tilastoitua dataa ei esitetä opinnäytetyössä.

Vuosittain suoritettavien latausmäärien avulla pystytään laskemaan akuston tuottama sähköenergia vuodessa. Tämän avulla saadaan laskettua myös akuston taloudellinen kannattavuus. Akuston tuottama sähköenergia vuodessa laskettiin kaavan (9) avulla,

$$P_{akusto,vuosi} = L_{vuosi} \cdot A_{todellinenteho} \quad (9)$$

$P_{akusto,vuosi}$ akuston tuottama sähköenergia vuodessa [kWh]

L_{vuosi} akuston latauskerrat vuodessa

$A_{todellinenteho}$ akuston laskennallinen todellinen tehontuotto [kWh].

Akustojärjestelmien mitoittamiseen vaikuttaa moni tekijä ja laskentamalleissa on pyritty huomioimaan näihin vaikuttavat tekijät. Laskentamalleissa on kuitenkin käytetty keskiarvoja ja niihin pohjautuvia olettamia. Näillä käytetyillä perusteilla saadaan laskettua riittävä mitoitus järjestelmään akuston kokoluokasta ja sen vaikutuksista aurinkosähköjärjestelmän kokonaistehoon.

Akustojärjestelmän investoinnista saatavia taloudellisia hyötyjä lasketaan saatavan tuoton ja energian hinnan mukaan. Akustolla saavutettava tuotto vuodessa euroina laskettiin kaavan (10) avulla,

$$E_{akusto} = E_{hinta} \cdot P_{akusto, vuosi} \quad (10)$$

E_{akusto} akustolla saavutettava tuotto vuodessa euroina

E_{hinta} sähköenergian ostohinta sisältäen ostosähkön, siirron ja verot euroina

$P_{akusto, vuosi}$ akuston tuottama sähköenergia vuodessa [kWh].

3.1.4 Investointilaskenta

Investointilaskenta kertoo perusteet taloudellisen hyödyn määrittämiseen. Laskennassa huomioidaan takaisinmaksuaika ja oman pääoman tuottoaste järjestelmävalinnasta riippuen. Järjestelmän hinnoitteluun vaikuttavat tuotevalinnat, asennustavat, kohteen sijainti, järjestelmän koko ja laajuus. Näillä saadaan laskettua asiakkaalle järjestelmän hankinnasta syntyvää taloudellista hyötyä.

Takaisinmaksuajan laskennassa on käytetty yksinkertaistettua laskentamallia. Laskentamallissa huomioidaan arvioitu vuosittainen sähkön hinnannousu. Takaisinmaksuajan välitulos vuosina laskettiin kaavan (11) avulla,

$$n_{väli} = \frac{H}{T_n} \quad (11)$$

$n_{väli}$ takaisinmaksuajan välitulos vuosina

H investoinnin hankintahinta

T_n vuosittainen tuotto eli säästö ilman sähkön hinnan vuosittaista nousua.

Takaisinmaksuajan välituloksella saadaan tarkennettua laskentaa todellisen takaisinmaksuajan osalta. Todellinen takaisinmaksuaika vuosina laskettiin kaavan (12) avulla,

$$n = \frac{H}{T_t} \quad (12)$$

n todellinen takaisinmaksuaika vuosina

H investoinnin hankintahinta

T_t vuosittainen tuotto eli säästö sähkön hinnan vuosittainen nousu huomioiden.

Todellisen takaisinmaksuajan laskentaa varten tarvitaan vuosittainen tuotto, joka huomioi arvioidun vuosittaisen sähkön hinnan nousun. Vuosittainen tuotto laskettiin kaavan (13) avulla,

$$T_t = H \cdot (1 + e_i)^{n_{väli}} \quad (13)$$

T_t vuosittainen tuotto eli säästö sähkön hinnan vuosittainen nousu huomioiden

H investoinnin hankintahinta

e_i sähkön hinnan arvioitu vuosittainen kasvu. Laskennassa käytetty yleisesti käytössä olevaa arviota 2 %

$n_{väli}$ takaisinmaksuajan välitulos vuosina.

Takaisinmaksuaika on yksi kysytyimpiä investoinnin kannattavuuden vertailulaskelmia, joita asiakkaat kysyvät hankintapäätöstä tehdessään. Tämän ilmoittaminen ja laskelma lisäävät luotettavuutta sekä asiantuntijuutta Yrityksessä x.

Investoinnin kannattavuutta mitataan myös sijoitetun pääoman tuottoasteella. Tästä käytetään nimitystä pääoman tuottoaste ROI. Lyhenne ROI tulee englannin kielen sanoista *return on investment*. Tämä kertoo, kuinka paljon investointiin sijoitettu, tuottoa vaativa pääoma on tuottanut prosentteina. Tämän perusteella voidaan verrata sijoituksesta saatua tuottoastetta prosentteina muihin sijoituskohteisiin. Hyvänä vertailuarvona voidaan pitää, että osakkeisiin sijoittamisen keskimääräinen pitkän aikavälin tuottoaste on noin 7 %. (Osa 5: Sijoituskohteet ja niiden valinta.) Pääoman tuottoaste prosentteina laskettiin kaavan (14) avulla,

$$ROI = \frac{N_t}{K_p} \cdot 100\% \quad (14)$$

ROI pääoman tuottoaste prosentteina

N_t vuotuinen nettotuotto

K_p keskimäärin sidottu pääoma.

Saatua tuottoastetta ja sen perusteella investoinnin kannattavuutta voidaan tulkitä olemassa olevilla yleisillä viitearvoilla. Alla on esitettyinä sijoitetun pääoman tuoton viitteelliset arvot. (ROI eli sijoitetun pääoman tuotto.)

- yli 15 % erinomainen
- 10–15 % hyvä
- 6–10 % tyydyttävä
- 3–5 % välttävä
- alle 3 % heikko.

Pääoman tuottoasteen laskentaan tarvitaan vuotuinen nettotuotto. Vuotuinen nettotuotto saadaan laskettua vuotuisen säästön ja vuotuisen poiston erotuksella. Vuotuinen nettotuotto laskettiin kaavan (15) avulla,

$$N_t = V_s - V_p \quad (15)$$

N_t vuotuinen nettotuotto

V_s vuotuinen säästö

V_p vuotuinen poisto.

Vuotuinen säästö (kaava 16) saadaan huomioimalla koko järjestelmän tuottama vuosittainen taloudellinen säästö euroina. Tässä huomioidaan aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia, sähköenergian ostohinta sekä mahdollisen akustojärjestelmän tuottama taloudellinen hyöty euroina.

$$V_s = (E_{s,pv,out} \cdot E_{hinta}) + E_{akusto} \quad (16)$$

V_s vuotuinen säästö

$E_{s,pv,out}$ aurinkosähkökennojen tuottama sähköenergia vuosittain

E_{hinta} sähköenergian ostohinta sisältäen ostosähkön, siirron ja verot euroina

E_{akusto} akustolla saavutettava tuotto vuodessa euroina.

Vuotuinen poisto (kaava 17) lasketaan huomioimalla järjestelmän hankintahinta sekä järjestelmän laskennallinen käyttöaika vuosina. Aurinkosähköjärjestelmien laskennassa yleisesti käytössä oleva käyttöaika vuosina on 30 vuotta.

$$V_p = \frac{H - J_{arvo}}{T} \quad (17)$$

V_p vuotuinen poisto

H investoinnin hankintahinta

J_{arvo} laskennallinen jäännösarvo. Laskennassa käytetään vakiota 0.

T järjestelmän käyttöaika vuosina. Laskennassa käytetään yleisesti käytössä olevaa vakiota 30 vuotta.

Tosiallisesti aurinkosähköjärjestelmät voivat kestää pidempäänkin, mutta näyttöä on vielä tällä hetkellä vähän. Tulevaisuudessa tulee kuitenkin järjestelmien pitkäaikaisemmän käytön jälkeen saaduilla tilastoilla tarkentumaan laskennallinen käyttöiän ennuste.

3.1.5 Muut perusteet

Laskuri mitoittaa järjestelmän siten, että järjestelmä on aina vähintään kuuden aurinkopaneelin kokoinen. Niin on siitä syystä, että alle kuuden aurinkopaneelin järjestelmäkokonaisuus tulee olemaan hinnaltaan kannattamaton, koska asennusosuus suhteessa aurinkopaneelien määrään kasvaa.

Laskurin tavoitteena on, että se pystyy laskemaan omakäyttöasteen 70–80 % väliin. Tätä voidaan pitää perustana oikein mitoitettulla järjestelmäkokonaisuudelle. Tämä tarkoittaa sitä, että laskurin antama järjestelmäkokonaisuus tuottaisi yli tuotettua sähköyhtiölle myytävää sähköenergiaa enintään 30 % järjestelmän kokonaistuotannosta. Tämän toteutuminen todennetaan tarkemmin luvussa 4.1.

3.1.6 Epävarmuustekijät

Tietyt epävarmuustekijät vaikuttavat laskurin luotettavuuteen, ja niitä esiintyy laskurin eri osa-alueissa. Näistä huolimatta laskurista on saatu luotettava työkalu järjestelmien mitoittamiseen.

Laskuri ei huomioi kohteessa esiintyviä varjostumia, jotka vaikuttavat aurinkopaneelien tuottamaan sähköenergiaan. Näiden puustosta tai muiden varjostusta aiheuttavien tekijöiden poistamisesta aiheutuvia kustannuksia ei ole huomioituna. Näiden arviointi tehdään kohdekohtaisesti.

Käyttöveden lämmitykseen kuluva energialaskennassa käytetään laskenta-arvoja kahden hengen taloudesta. Laskuri ei siis huomioi todellista talouden henkilömäärää, jos se alittaa tai ylittää kaksi henkilöä.

Sähköenergian kulutustottumukset riippuvat monesta tekijästä taloudesta riippuen. Laskennassa ei huomioida taloudessa asuvien henkilöiden kokonaislukumäärää, ikäryhmää tai työssäkäyvien työvuororytmiä. Näillä kysymyksillä voitaisiin saavuttaa laskurissa entistä tarkempia tuloksia. Kulutustottumuksia on kuitenkin saatu huomioitua tehdyllä tilastoinnilla toteutuneiden kohteiden mukaisesti, kuten luvussa 3.1.2 on esitetty.

Yliuotetun sähköenergian takaisinmyyntiä sähköyhtiölle ei tarkasti huomioida. Tämä lisää järjestelmän taloudellista kannattavuutta ja vaikuttaa investoinnin kannattavuuslaskentaan.

Todellisuudessa aurinkosähköjärjestelmien invertteri ja akusto tulee vaihtaa vähintään kerran järjestelmän oletetun elinkaaren aikana. Näistä syntyviä kustannuksia laskuri ei huomioi.

Taloudellisessa kannattavuuslaskennassa ei huomioida mahdollisen rahoituskoron tai kulujen vaikutuksia. Elinkaaren aikana tapahtuvaa rajanarvon muutosta ei huomioida laskennassa.

Huomioimatta jätetään myös aurinkosähköjärjestelmän vuotuiset ylläpitokulut sekä aurinkovoimalan vuosittainen tuotantovähenemä. Aurinkosähköjärjestelmät ovat melko huoltovapaita, mutta esimerkiksi puhdistus voi aiheuttaa kustannuksia. Aurinkopaneeleiden teho vähenee vuosittain käyttöönoton jälkeen. Tehon vähenemä on vuosittain Wirth (2021: 45) mukaan noin -0,5 %.

4 Aurinkosähköjärjestelmän laskuri

4.1 Tuloksien määrittäminen laskurissa

Tuloksien määrittäminen laskurissa perustuu asiakkaalta kysyttäviin lähtötietoihin, jotka myyjä asettaa laskuriin. Saatujen lähtötietojen perusteella laskuri automaattisesti laskee oikean kokoisen järjestelmän asiakkaan tarpeiden mukaisesti. Laskuri antaa näiden lisäksi myös tarkempaa tietoa käytettävistä tuotteista sekä investoinnin kannattavuudesta. Kuvassa 2 esitetään kokonaisnäkyminen, joka avautuu käyttäjälle.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
2	Asiakaskysymykset laskentaa varten		Tuotteet valintojen mukaan					Tarkempia tietoja järjestelmästä									
3	Asuntosi lämmitysuo	Aurinkopaneelit						Järjestelmän kokonaisteho	#DIV/0!	kVp							
4	Ei valintaa vielä	Ei valintaa vielä					#DIV/0!	Veratast kVp	#DIV/0!	kVp							
5	Asuntosi vuosittainen sähkönkulutus kWh	Paneelin koko	#/A					Järjestelmän hankintahinta laskurin mukaisesti	#####	€							
6	Ei valintaa vielä	Paneelin vädit	#/A					Järjestelmän muokattu hinta oman harkinnan mukaan	0	€							
7	Asuntosi oletettu katon asennuslappien suuntaus	Paneelin leveys	#/A					Rakitus	#DIV/0!	mk							
8	Ei valintaa vielä	Oma valinta aurinkopaneelien määrä					0	kpl	Tönnös	#DIV/0!	l						
9	Paneelityyppi	HUOM! Arvon tulee olla 0, jos et tee muutoksia hintaan!						Kotitalousvähennyksen osuus	#DIV/0!	l							
10	Ei valintaa vielä	Invertteri						Järjestelmän hankintahinta kotitalousvähennyshuomioiden	#DIV/0!	€							
11	Asuntosi kerroskorkeus	#DIV/0!					#DIV/0!	Arvioltu vuosittainen kokonais säästö	#DIV/0!	€/vuodessa							
12	Ei valintaa vielä	Invertteri oma valinta						Säästö aurinkopaneelista	#DIV/0!	€/vuodessa							
13	Katon jyrkkyys	Ei omaa valintaa					0	kpl	Säästö akusto	#DIV/0!	€/vuodessa						
14	Ei valintaa vielä	Akustapaketti						Takaidenmaksu	0	€/vuodessa							
15	Tasakatto	#DIV/0!						lman kotitalousvähennyistä	#DIV/0!	vuotta	#DIV/0!	PKI					
16	Ei valintaa vielä	#N/A						Kotitalousvähennyksen kanssa	#DIV/0!	vuotta	#DIV/0!	PKI					
17	Maateline asennus	Akustapaketti oma valinta						Takuulehdot									
18	Ei valintaa vielä	Ei omaa valintaa						Aurinkopaneelit	#N/A	vuotta							
19	Kattotyypit	.						Invertit	#DIV/0!	vuotta							
20	Ei valintaa vielä	Kiinnitystuotteet						Akusto	#DIV/0!	vuotta							
21	Moneenko riviin paneelit asennetaan	Orima						Optimoidut	0	vuotta							
22	Ei valintaa vielä	Uutuustuotteet						Käytettyjä	50	vuotta							
23	Katka monelle lappelle paneelit asennetaan	.															
24	Ei valintaa vielä	.															
25	Sähkönkulutuksen ohjaus/ optimointi (Lämmönsäilövaraaja)	Lisätuotteet oma valinta															
26	Ei valintaa vielä	Ei omaa valintaa															
27	Tuotannonseurantajärjestelmä tabletti, puhelin tai tietokone	Ei omaa valintaa															
28	Ei valintaa vielä	Ei omaa valintaa															
29	Akustojärjestelmä	Ei omaa valintaa															
30	Ei valintaa vielä	Ei omaa valintaa															
31	Akustojärjestelmän sijoitus	Ei omaa valintaa															
32	Ei valintaa vielä	Ei omaa valintaa															
33	Invertterin ja sähköistyksen toteutus																
34	Ei valintaa vielä																
35	Sulakkeiden/ johdonsuojien lisäys																
36	Ei valintaa vielä																
37	Maakunnan valinta																
38	Ei valintaa vielä																
39																	
40																	

Kuva 2. Laskurin etusivunäkymä.

Lähtötietokysymykset koostuvat helpoista ja asiakkaalla yleisesti tiedossa olevista kysymyksistä. Näiden lisäksi on myös tarkentavia kysymyksiä järjestelmän asennusolosuhteista sekä tarkemmasta sijoittelusta. Näin ollen myyjän tulee myös tuntea aurinkosähköjärjestelmät sekä niiden mitoittamiseen ja asennukseen liittyvät eri vaihtoehdot. Kaikkiin kysymyksiin on laskurissa laadittu monivalinta-vaihtoehdot, jotka myyjä asettaa vastauksien perusteella.

Kaikkiin monivalintakysymyksiin tulee antaa valinta, jotta laskuri antaa tuloksen. Valintojen ollessa kesken laskurin tuloksissa esiintyy virhekoodeja, koska laskentaa ei voida suorittaa loppuun.

4.1.1 Laskurin kysymykset

Laskurissa on yhteensä 18 kysymystä, jotka asiakkaalta saatavan lähtötiedon mukaan valitaan monivalintavaihtoehdoista, jotka avautuvat valintalehdystä kysymyksen alapuolelta. Kuvassa 3 esitettynä näkymä monivalintakysymyksistä.

Asiakaskysymykset laskentaa varten
Asuntosi lämmitysmuoto Ei valintaa vielä
Asuntosi vuosittainen sähkönkulutus kWh Ei valintaa vielä
Asuntosi oletettu katon asennuslappeen suuntaus Ei valintaa vielä
Paneelityyppi Ei valintaa vielä
Asuntosi kerroskorkeus Ei valintaa vielä
Katon jyrkkyys Ei valintaa vielä
Tasakatto Ei valintaa vielä
Maateline asennus Ei valintaa vielä
Kattotyyppi Ei valintaa vielä
Moneenko riviin paneelit asennetaan Ei valintaa vielä
Kuinka monelle lappeelle paneelit asennetaan Ei valintaa vielä
Sähkönkulutuksen ohjaus/ optimointi (Lämmivesivaraaja) Ei valintaa vielä
Tuotannonseurantajärjestelmä tabletti, puhelin tai tietokone Ei valintaa vielä
Akustojärjestelmä Ei valintaa vielä
Akustojärjestelmän sijoitus Ei valintaa vielä
Invertterin ja sähköistyksen toteutus Ei valintaa vielä
Sulakkeiden/ Johdonsuojien lisäys Ei valintaa vielä
Maakunnan valinta Ei valintaa vielä

Kuva 3. Laskurin asiakaskysymykset, näkymä.

Asuntosi lämmitysmuoto on kysymyksenä asiakkaan vastauksien perusteella määritettävä lähtötieto. Vastausvaihtoehdot on esitetty kuvassa 4.

Asuntosi lämmitysmuoto	Au
Ei valintaa vielä	▼
Sähkö	
Maalämpö	
Ilma-vesilämpöpumppu	
Kaukolämpö	
Öljy	
Maakaasu	
Muu	
Ei valintaa vielä	

Kuva 4. Laskurin Asuntosi lämmitysmuoto -monivalinnan alavetovalikon näkymä.

Lämmitysmuotovalinnalla muu voidaan huomioida esimerkiksi pelletti lämmitys tai vastaava muu erikoisempi lämmitysmuoto. Laskenta kuitenkin on pääpainoisesti keskittynyt kuuteen yleisimpään lämmitysmuotoon. Näillä yleisimmillä lämmitysmuodoilla myös saadaan tarkimmat vastaukset laskurista.

Asuntosi vuosittainen sähkönkulutus [kWh] on asiakkaan antaman lähtötiedon varainen kysymys. Yleisesti asiakkailla on tiedossa vuosittainen kokonaissähkönkulutus tai se voidaan pyytää tarpeen mukaan sähköyhtiöltä. Laskurissa vastausvaihtoehdoiksi annetaan tiettyjen kokonaissähkönkulutuksen vuosirajarvoja kuvan mukaisesti. Valittavissa on arvot 4 000–55 000 kWh. Kuvassa 5 esitetty vastausvaihtoehdot.

Asuntosi vuosittainen sähkönkulutus kWh	Par
Ei valintaa vielä	▼
16900-21900	▲
21900-28900	
28900-35900	
35900-40900	
40900-44900	
44900-47900	
47900-55000	
Ei valintaa vielä	▼

Kuva 5. Laskurin Asuntosi vuosittainen sähkönkulutus -monivalinnan alavetovalikon näkymä.

Asuntosi oletettu katon asennuslappeen suuntaus voidaan saada lähtötietona asiakkaalta. Tämä on mahdollista myös tarkastaa myyjän toimesta asiakkaan osoitetietojen perusteella esimerkiksi Googlemaps-palvelun kautta. Kuvassa 6 esitetty vastausvaihtoehdot.

Asuntosi oletettu katon asennuslappeen suuntaus		Par
Ei valintaa vielä		▼
Etelä/ Kaakko/ Lounas		
Itä/ Länsi		
Pohjoinen/ Koillinen/ Luode		
Ei valintaa vielä		

Kuva 6. Laskurin Asuntosi oletettu katon asennuslappeen suuntaus -monivalinnan alasetoalikon näkymä.

Paneelityyppikysymyksessä myyjä valitsee asiakkaan kanssa keskustellen ja arvioiden järjestelmässä käytettävän aurinkopaneelityypin. Tässä monivalintana on Yrityksen x tarjoama tuotevalikoima. Valikoitumisen perusteena käytetään sijoittelua, ulkonäköä ja takuuajojen vaikutuksia. Yritys x voi tuotevalikoimansa mukaisesti lisätä ja poistaa aurinkopaneelityyppejä helposti laskurissa. Kuvassa 7 esitetty monivalinnan näkymä.

Paneelityyppi		HU
Ei valintaa vielä		▼
SOLITEK STANDARD POLY 285W		
SOLITEK SOLID PRO M.60 LASI-LASI MONO 320W		
SOLITEK SOLID PRO P.60 LASI-LASI POLY 275W		
ENERGETICA e.CLASSIC 360W, Half-Cell, Half-Cut, Full-Black		
RECOM BLACK PANTHER 430W, Half-Cell, Half-Cut, Full-Black		
SALO SOLAR SALO 315W MONO		
SALO SOLAR SALO 375W MONO M72		
Ei valintaa vielä		▼

Kuva 7. Laskurin Paneelityyppi -monivalinnan alasetoalikon näkymä.

Asuntosi kerroskorkeus määritellään asiakkaalta saatavan lähtötiedon mukaisesti. Tämä vaikuttaa järjestelmän hinnoitteluun, koska kaksikerroksisissa ja sitä korkeammassa rakennuksissa tarvitaan usein nosturia. Monivalinnassa on valittavina vaihtoehdot asunnon kerroskorkeudeksi 1,5 tai alle sekä 2 tai yli (kuva 8).

Asuntosi kerroskorkeus	#D
Ei valintaa vielä	▼
1,5 tai alle	
2 tai yli	
Ei valintaa vielä	

Kuva 8. Laskurin Asuntosi kerroskorkeus -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

Katon jyrkkyys valitaan asiakkaan saaman lähtötiedon ja myyjän ohjaavan tiedustelun mukaisesti. Tämä useasti vaatii hieman myyjän suunnalta tulevaa ohjausta asiakkaalle, jotta saadaan arvioitua vesikaton jyrkkyyskulma. Monivalinnassa on valittavissa kuvan 9 mukaiset vaihtoehdot.

Katon jyrkkyys	Ei k
Ei valintaa vielä	▼
Loiva (<30°)	
Keskijyrkkä (30°...70°)	
Jyrkkä (>70°)	
Ei valintaa vielä	

Kuva 9. Laskurin Katon jyrkkyys -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

Tasakattovalinta määräytyy asiakkaan antaman lähtötiedon mukaisesti. Tasakattoasennus vaikuttaa järjestelmän kokonaishintaan nostavasti, koska järjestelmässä käytettävät kannatusjärjestelmät sekä asennusaika ovat arvokkaampia sekä vaativampia. Valinnassa on vaihtoehdot *ei* ja *kyllä* (kuva 10).

Tasakatto	#I
Ei valintaa vielä	▼
Kyllä	
Ei	
Ei valintaa vielä	

Kuva 10. Laskurin Tasakatto -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

Maateline asennus -kysymykseen vastataan valinnoilla *ei* ja *kyllä* (kuva 11).

Tämä valinta vaikuttaa tasakattovalinnan tapaan järjestelmän kokonaishintaan samoin perustein.

Maateline asennus	Ak
Ei valintaa vielä	▼
Kyllä	
Ei	
Ei valintaa vielä	

Kuva 11. Laskurin Maateline asennus -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

Kattotyyppi valinnan lähtötieto on usein asiakkaalla tiedossa oleva, joka syötetään asiakkaalta saadun vastauksen perusteella. Kattotyyppi vaikuttaa järjestelmän hinnoitteluun, koska eri kattotyypit vaativat hieman erilaiset kannaketuotevalinnat. Näiden eri vaihtoehtojen asennustyöajat myös poikkeavat toisistaan. Tässä monivalinnassa on esitettyä seuraavat kuva 12 mukaiset vaihtoehdot.

Kattotyyppi	-
Ei valintaa vielä	▼
Tiilikatto	
Peltikatto	
Huopakatto	
Ei valintaa vielä	

Kuva 12. Laskurin Kattotyyppi -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

Siihen, moneenko riviin paneelit asennetaan, pitää myyjän pystyä vastaamaan, koska tätä lähtötietoa ei saada asiakkaalta. Tähän vaikuttaa asennuslappeen suuntaus, järjestelmän tarkempi sijoittelu sekä koko. Mitä useammalle riville aurinkopaneelit asennetaan, sitä enemmän käytetään kannakejärjestelmän tuotteita sekä asennukseen työaikaa. Näin ollen valinta vaikuttaa suoraan järjestelmän hinnoitteluun. Monivalinnassa on valittavissa kuvan 13 mukaiset valinnat.

Moneenko riviin paneelit asennetaan	Or
Ei valintaa vielä	▼
Yhteen riviin	
Kahteen riviin	
Kolmeen riviin	
Yli kolmeen riviin	
Ei valintaa vielä	

Kuva 13. Laskurin paneelien asennusrivien määrän -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

Kuinka monelle lappeelle paneelit asennetaan, riippuu useasti vain katon asennuslappeen suuntauksesta. Kuitenkin tähän voi vaikuttaa myös esimerkiksi vesikaton monitasoinen rakenne tai muu vastaava tekijä. Tähän tulee myyjän ottaa kanta asiakkaalta tiedusteltujen lähtötietojen perusteella. Valittavina on vaihtoehdot yhdelle tai kahdelle lappeelle (kuva 14).

Kuinka monelle lappeelle paneelit asennetaan
Ei valintaa vielä
Yhdelle lappeelle
Kahdelle lappeelle
Ei valintaa vielä

Kuva 14. Laskurin paneelien asennuslappeiden -monivalinnan alavetovalikon näkymä.

Sähkönkulutuksen ohjaus lämminvesivaraajalle on lisäpalvelu asiakasta varten. Myyjän tulee kertoa sen hyödyistä sekä vaikutuksista järjestelmän kokoon ja hinnoitteluun. Vastausvalintoina on *kyllä* ja *ei* (kuva 15).

Sähkönkulutuksen ohjaus/ optimointi (Lämminvesivaraaja)	Lis
Ei valintaa vielä	
Kyllä	
Ei	
Ei valintaa vielä	

Kuva 15. Laskurin sähkönkulutuksen ohjaus ja optimointi -monivalinnan alavetovalikon näkymä.

Tuotannonseurantajärjestelmä valitaan asiakkaan toiveen mukaisesti lisäominaisuus, jolla voidaan seurata reaaliaikaisesti järjestelmän toimintaa sovelluksen avulla. Tämä lisäominaisuus vaikuttaa nostavasti järjestelmän hintaan. Valittavina ovat vaihtoedot *kyllä* ja *ei* (kuva 16).

Tuotannonseurantajärjestelmä tabletti, puhelin tai tietokone	Ei c
Ei valintaa vielä	
Kyllä	
Ei	
Ei valintaa vielä	

Kuva 16. Laskurin tuotannonseurantajärjestelmän -monivalinnan alavetovalikon näkymä.

Akustojärjestelmävalinta tulee valinnaksi myyjän antaman perustelun ja asiakkaan päätöksen mukaisesti. Myyjän tulee olla tietoinen kohteen saamista hyödyistä ja asennusmahdollisuuksista akustojärjestelmää ajatellen. Akustollinen järjestelmäkokonaisuus on huomattavasti kalliimpi vaihtoehto, mutta voi saavuttaa laskurin mukaisesti kannattavamman järjestelmäkokonaisuuden. Kuitenkin on muistettava epäluotettavuustekijät, jotka on kerrottu laskentaperusteissa luvussa 3.1.6 tarkemmin. Valittavina on kaksi vaihtoehtoa *kyllä* tai *ei* (kuva 17).

Akustojärjestelmä	
Ei valintaa vielä	▼
Kyllä	
Ei	
Ei valintaa vielä	

Kuva 17. Laskurin Akustojärjestelmä -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

Akustojärjestelmän sijoitus perustuu asiakkaalta saatuihin lähtötietoihin. Tämä kysymys on olennainen vain, jos asiakas on valinnut itselleen akustollisen järjestelmän. Sijoittelu vaikuttaa olennaisesti toteuttavan järjestelmän hinnoitteluun, koska akuston sijoituksessa tulee huomioida monia osatekijöitä. Akustolaitteistoa sijoittaessa ulkotilaan tulee huomioida mm. riittävä lämpötila, joka tuotetaan erillisillä sähkövastuksilla tai patterilla. Tähän monivalintavastauksissa on valittavissa seuraavat kuvan 18 mukaiset vaihtoehdot.

Akustojärjestelmän sijoitus	
Ei valintaa vielä	▼
Ei akustoa	
Voidaan asentaa keskustilaan, autotalliin, tekniseen tilaan sisälle.	
Asennus ulkotilaan julkivisun viereen erilliseen kotelarakenteeseen.	
Ei valintaa vielä	

Kuva 18. Laskurin Akustojärjestelmän sijoituksen -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

Invertterin ja sähköistyksen toteutus -kysymyksellä saadaan lähtötietona arvioidua sähköasennus osuuden vaatavuutta. Tämä lähtötieto saadaan asiakkaalle esitettävillä kysymyksillä. Myyjän tulee tietää vaikuttavat tekijät ja määrittää vastaus asiakkaalta saatujen lähtötietojen perusteella. Monivalinnoissa valittavina ovat kuvan 19 mukaiset vaihtoehdot.

Invertterin ja sähköistyksen toteutus
Ei valintaa vielä
Helppo asennus. Invertteri asennetaan ulos tai sisälle ja lyhyt matka ilman vaikeita läpivientejä keskukselle tai paneelikentälle. Keskittason asennus. Invertteri asennetaan ulos tai sisälle. Yksi kevyt läpivienti ja keskus ei välittömässä läheisyydessä invertteriin nähden. Haastava asennus. Invertterin sijoitus on haastava sekä etäisyys keskukselle ja paneelikentälle pitkä.
Ei valintaa vielä

Kuva 19. Laskurin Invertterin ja sähköistyksen toteutus -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

Sulakkeiden/ Johdonsuojien lisäys -kysymyksellä tarkennetaan lähtötietoa sähköitöiden osuuden vaativuudelle. Lähtötieto tiedustellaan asiakkaalta oikeilla kysymyksillä. Lähtötieto vaikuttaa asennushintaan. Vastausvaihtoehtoina ovat kuvan 20 mukaiset vaihtoehdot.

Sulakkeiden/ Johdonsuojien lisäys
Ei valintaa vielä
Käytetään olemassa olevia ryhmälähtöjä Lisätään uudet ryhmälähdöt keskukselle
Ei valintaa vielä

Kuva 20. Laskurin sulakkeiden ja johdonsuojien lisäämisen -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

Maakunnan valinnassa valitaan asiakkaan kohdealue. Tämä vastaus vaikuttaa asennuksen hinnoitteluun sekä tuottavuuteen. Valittavissa ovat Yrityksen x asennusalueena toimivat vaihtoehdot. (Kuva 21.)

Maakunnan valinta
Ei valintaa vielä
Uusimaa Varsinais-Suomi Kanta-Häme Satakunta Pirkanmaa
Ei valintaa vielä

Kuva 21. Laskurin maakunta -monivalinnan alasvetovalikon näkymä.

4.1.2 Laskurin tulokset

Asiakkaalta saatujen lähtötietojen perusteella ja laskuriin syötettyjen vastauksien mukaisesti saadaan laskurista tulokseksi tarkemmat tiedot asennettavasta

järjestelmästä. Näistä tiedoista saadaan kattava tieto tarjouksen laatimista sekä taloudellista kannattavuutta varten.

Tuloksien perusteella on tarkoituksena saada valittua asiakkaalle oikean kokoinen, sopivista tuotteista rakentuva taloudellisesti kannattava aurinkosähköjärjestelmä. Laskurin antamien tuloksien perusteella myyjä saa tarvittavat lähtötiedot tarjouksen antamista varten. Tämä nopeuttaa tarjouksen jättämistä asiakkaalle.

Tuotteet valintojen mukaan kohdasta myyjä saa käyttöönsä tarkemmat tiedot aurinkosähköjärjestelmälle valituista tuotteista. Myyjällä on valittavinaan myös tarpeelliset lisätuotteet järjestelmää varten. Myyjällä on mahdollisuus muokata aurinkopaneelien kokonaismäärää tässä kohdassa tarpeen mukaan. Tämä voi olla tarpeen, jos halutaan ennalta varautua sähköautojen lataukseen tai tulevaisuudessa akustojärjestelmään.

Tuotteet valintojen mukaan		
Aurinkopaneelit		
LONGI MONO 360W, Half-Cell, Half-Cut, Full-Black	14	kpl
<i>Paneelin koko</i> 1755*1038*35		
<i>Paneelin valmistusmaa</i> Kiina		
<i>Paneelin kennotyyppi</i> Normal PERC		
Oma valinta aurinkopaneelien määrä	0	kpl
HUOM! Arvon tulee olla 0, jos et tee muutoksia hintaan!		
Invertteri		
Fronius SYMO 6.0-3	1	kpl
Invertteri oma valinta		
Ei omaa valintaa	0	kpl
Akustopaketti		
Ei akustoa	-	kpl
-	-	kpl
Akustopaketti oma valinta		
Ei omaa valintaa	-	kpl
-		
Kiinnitystuotteet		
Orima		
Lisätuotteet		
Sähkökulutuksen ohjaus/ optimointi		
Tuotannonseurantajärjestelmä tabletti, puhelin tai tietokone		
Lisätuotteet oma valinta		
Ei omaa valintaa	-	kpl
Ei omaa valintaa	-	kpl
Ei omaa valintaa	-	kpl
Ei omaa valintaa	-	kpl
Ei omaa valintaa	-	kpl
Ei omaa valintaa	-	kpl
Ei omaa valintaa	-	kpl

Kuva 22. Laskurin Tuotteet valintojen mukaan näkymä.

Kuvassa 22 esiintyvät arvot ovat luvun 5.1 omakotitalo 1:n mukaisia. Arvot on esitettyinä, jotta näkymästä on saatu selvempi lukijalle. Ilman arvojen syöttämisestä näkymässä esiintyisi virhekoodeja, koska kaikkia valintoja ei ole suoritettu.

Tarkempia tietoja järjestelmästä kohdasta myyjä saa järjestelmästä useita tarkempia tietoja asiakasta varten. Myyjällä on tässä kohdassa myös mahdollisuus muokata järjestelmän hintaa omalla valinnallaan.

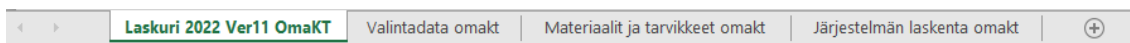
Tarkempia tietoja järjestelmästä		
Järjestelmän kokonaisteho	5,04 kWp	
Vertailu €/kWp	1750 €/kWp	
Järjestelmän hankintahinta laskurin mukaisesti	8820 €	
Järjestelmän muokattu hinta oman harkinnan mukaan	0 €	←HUOM! Tämä pitää olla arvo 0, jos et tee muutoksia hintaan!
Rahoitus	150 €/kk	
Työnosuus	3969 €	
Kotitalousvähennyksen osuus	1587,6 €	
Järjestelmän hankintahinta kotitalousvähennys huomioiden	7232,4 €	
Arvioitu vuosittainen kokonais säästö	550 €/vuodessa	
Säästö aurinkopaneelisto	550 €/vuodessa	
Säästö akusto	0 €/vuodessa	
Takaisinmaksuaika		
Ilman kotitalousvähennystä	11,7 vuotta	5,90 % ROI
Kotitalousvähennyksen kanssa	10,2 vuotta	8,60 % ROI
Takuutiedot		
Aurinkopaneelit	12/25 vuotta	Tuotetakuu/ Tuottotakuu
Inverterit	10 vuotta	Tuotetakuu
Akusto	0 vuotta	Tuotetakuu
Optimoijat	0 vuotta	Tuotetakuu
Kiinnitysjärjestelmä	30 vuotta	Tuotetakuu

Kuva 23. Laskurin Tarkempia tietoja järjestelmästä näkymä.

Kuvassa 23 esiintyvät arvot ovat luvun 5.1 omakotitalo 1:n mukaisia. Arvot on esitettyinä, jotta näkymästä on saatu selvempi lukijalle. Ilman arvojen syöttämisestä näkymässä esiintyisi virhekoodeja, koska kaikkia valintoja ei ole suoritettu.

4.1.3 Laskurin datavälilehdet

Laskurin etusivun lisäksi laskurissa on datavälilehtiä, jotka sisältävät laskurissa käytettävän tarkemman datan. Välilehdissä on myös laskurin suorittamat laskutoimitukset ja kaavat. Nämä välilehdet avataan tässä työssä vain sanamuodollisesti. (Kuva 24.)



Kuva 24. Laskurin välilehtiin näkymä.

Valintadatan välilehdellä on kasattuna laskurin monivalinnan-alasvetovalikoiden sisältö. Tämän lisäksi on yksilöitynä tarkempia lähtötietoja laskurin käyttämiä laskentakaavoja varten.

Materiaalit ja tarvikkeet -välilehdellä on eriteltyinä kaikki Yrityksen x tarjoamat tuotteet tarkempien tuotetietojen kanssa. Tällä sivulla on myös kasattuna yksilöitynä eri suoritteiden asennushinnat.

Järjestelmän laskenta -välilehdellä suoritetaan varsinaiset laskentatoimenpiteet laskurin käyttämiä kaavoja hyödyntäen. Tältä välilehdeltä poimitaan tiedot laskurin etusivulle näkyviin.

4.2 Yleisesti laskurista

Normaalikäytössä laskurista näkyy vain etusivu eli ensimmäinen välilehti. Kaikki muut välilehdet on piilotettu ja salattu. Näin vältetään mahdollisia vahinkomuokkauksia myyjien tai muiden käyttäjien toimesta. Myös etusivun kaikki muut solut paitsi muokattavissa olevat on lukittu. Näillä toimenpiteillä varmistetaan luotettava toiminta. Lukitukset avataan, jos laskuriin esimerkiksi lisätään tuotteita tai tehdään muita muutoksia.

5 Esimerkkilaskelma ja tulosten vertailu

Esimerkkilaskelmien avulla päästiin vertailemaan laskurin toimivuutta. Laske-
taan tässä luvussa kahden erilaisen kohteen laskelmat laskurin avulla. Tämän
jälkeen vertailemme saatuja tuloksia muihin laskentamenetelmiin. Esimerkkilas-
kelmat on suoritettu kohteista, jotka ovat valmistuneet. Kohteista on ollut käytet-
tävässä sähköverkkoyhtiöltä saatu tuntidata.

5.1 Laskurin laskelmat ja tulokset

Ensimmäisessä laskelmassa laskemme omakotitalo 1:n lähtötietojen mukaisen
laskelman laskurilla. Lähtötietoina on käytettävissä kohdekäynnin tuomat ha-
vainnot ja asiakkaalle esitettyjen kysymyksien vastaukset sekä tuntidata. Alla on
lueteltuna lähtötiedot omakotitalo 1:stä, joita laskurin mukaisessa laskennassa
käytetään:

- suorasähkölämmitys
- vuosittainen sähkön kokonaiskulutus 26 188 kWh
- katon lappeen suuntaus on etelä
- aurinkopaneeleiksi halutaan koko mustat siistin ulkoasun omaavat aurinkopaneelit
- asunnossa on kaksi kerrosta
- katon jyrkkyys on loiva alle 30°
- kattotyyppejä on peltikatto
- aurinkopaneelit asennetaan kahteen riviin ja yhdelle lappeelle
- kohteeseen halutaan lämpimänkäyttöveden sähkönkulutuksen opti-
mointi
- asunnossa on sähköllä lämmitettävä sisäuima-allas sekä kaksi läm-
minvesivaraajaa
- kohteeseen halutaan asiakkaan toiveesta tuotannonseurantajärjes-
telmä
- kohteeseen ei haluta akustollista järjestelmää
- sähköistyksen toteutuksen lisävalinnat ovat keskitason asennus,
jossa lisätään uudet ryhmälähdöt keskukselle
- kohteen sijainti Uusimaa, Vihti

Näillä lähtötiedoilla saadaan laskurilla laskettua omakotitalo 1:n asiakkaalle sopiva järjestelmäkokonaisuus. Laskuriin syötetyt lähtötiedot ja laskurin antamat vastaukset on esitetty liitteessä 1 kuvakaappauksina. Niistä olennaiset tiedot on esitetty seuraavana vertailua varten listauksena:

- järjestelmän kokonaisteho 5,04 kWp
- järjestelmän hankintahinta ilman kotitalousvähennystä 8 820,00 €
- järjestelmän hankintahinta kotitalousvähennys huomioiden 7 232,40 €
- takaisinmaksuaika ilman kotitalousvähennystä 11,7 vuotta ja sitoutuneen pääoman tuotto prosentti [ROI] 5,90 %
- takaisinmaksuaika kotitalousvähennys huomioiden 10,2 vuotta ja sitoutuneen pääoman tuotto prosentti [ROI] 8,60 %
- arvioitu vuosittainen kokonaissästö 550,00 € vuodessa.

Toisessa laskelmassa laskemme omakotitalo 2:n lähtötietojen mukaan laskurilla saatavat tulokset. Lähtötietoina on ollut käytettävissä asiakkaalle esitettyjen kysymyksien vastaukset sekä tuntidata. Seuraavassa luettelussa on lähtötiedot omakotitalo 2:sta, joita laskennassa hyödynnetään:

- lämmitysmuoto maalämpö
- vuosittainen sähkön kokonaiskulutus 12 915 kWh
- katon lappeen suuntaus on etelä
- asiakkaalla ei erityisvaatimuksia aurinkopaneeleista
- asunnossa on yksi kerros
- katon jyrkkyys on keskijyrkkä 30–70 °
- kattotyyppi on peltikatto
- aurinkopaneelit asennetaan yhteen riviin ja yhdelle lappeelle
- kohteeseen ei haluta lämpimänkäyttöveden sähkönkulutuksen optimointia
- kohteeseen halutaan asiakkaan toiveesta tuotannonseurantajärjestelmä
- kohteeseen ei haluta akustollista järjestelmää
- sähköistyksen toteutuksen lisävalinnat ovat helppo asennus, jossa käytetään olemassa olevia ryhmälähtöjä keskuksella

- kohteen sijainti Uusimaa, Sipoo.

Näillä lähtötiedoilla saadaan laskurilla laskettua omakotitalo 2:n asiakkaalle so- piva järjestelmäkokonaisuus. Laskuriin syötetyt lähtötiedot ja laskurin antamat vastaukset on esitetty liitteessä 1 kuvakaappauksina. Seuraavassa luettelussa on esitetty olennaiset tiedot listauksena vertailua varten:

- järjestelmän kokonaisteho 2,04 kWp
- järjestelmän hankintahinta ilman kotitalousvähennystä 4 270,00 €
- järjestelmän hankintahinta kotitalousvähennys huomioiden 3 501,40 €
- takaisinmaksuaika ilman kotitalousvähennystä 12,2 vuotta ja sitou- tuneen pääoman tuotto prosentti [ROI] 5,10 %
- takaisinmaksuaika kotitalousvähennys huomioiden 10,7 vuotta ja si- toutuneen pääoman tuotto prosentti [ROI] 7,70 %
- arvioitu vuosittainen kokonaissästö 250,00 € vuodessa.

5.2 Tuntidataperusteinen laskelma ja tulokset

Tuntidataperusteinen laskelma suoritetaan kohteista sähköverkkoyhtiöltä saa- dun tuntidatan ja PVGIS-työkalun avulla. Tuntidatasta suoritetaan järjestelmän kokonaisteholaskenta vertailemalla ja hyödyntäen PVGIS-työkalua. PVGIS-työ- kalulla saadaan kohteen sijainnin mukaan kohdistettu tuntitarkkuudella oleva data aurinkovoimalan tuotannosta. Vertailussa oleva data on esitetty excel- tiedostona ja on muokattavissa.

Kohteista käytettävissä oleva tuntidata on vuoden mittaiselta ajanjaksolta eri- teltä tuntikohtainen sähköenergian kulutus tieto. Verrataan tätä PVGIS-työkalun antamaan samalta ajanjaksolta saatuun tuntikohtaiseen sähkön tuotantoon. PVGIS-työkaluun on lähtötiedoksi aseteltuna luvussa 5.1 laskurin antamat au- rinkosähköjärjestelmät ominaisuuksineen.

Näin pystytään määrittämään tarkasti ylituotannon määrä ja laskemaan omakäyttöaste. Omakäyttöasteen avulla pystymme arvioimaan, onko järjestelmä oikein mitoitettu. Tämä on luotettava tapa vertailla järjestelmän toimivuutta juuri kohteen mukaiseen sähköenergiankulutustottumukseen.

Vertailemme näiden mukaisesti ensin omakotitalo 1:n osuuden. PVGIS-työkaluun syötetyt lähtötiedot on esitetty liitteessä 2 kuvakaappauksina. Seuraavassa luettelussa on esitettynä olennaiset tiedot vertailua varten omakotitalosta 1:

- valittu tilastolähde on PVGIS-SARAH2
- vertailuvuosi 2020
- aurinkopaneeleiden asennuskulma 30°
- aurinkopaneeleiden suuntaus on etelä
- aurinkopaneeleiden materiaali piikide
- aurinkosähköjärjestelmän kokonaisteho 5,04 kWp
- aurinkosähköjärjestelmän häviöt 14 %.

Aurinkosähköjärjestelmän häviö 14 % on oletusarvo, jota suositellaan käytettäväksi PVGIS-sivustojen mukaisesti, jos tarkempaa arvoa ei ole saatavilla. (Photovoltaic geographical information system 2019.)

Tämän mukaisesti saadun datan avulla on päästy omakotitalo 1:n vertailun tulokseen. Tuloksena on saatu tuotetun kokonaisaurinkosähköenergian määräksi 4 712 kWh vuodessa, josta ylituoton osuus on 1 302 kWh. Tämä vastaa omakäyttöastetta 72 %. Ylituotannon osuus kokonaistuotantoon verrattuna on niin 28 %.

Tämän perusteella voidaan todeta, että laskuri on saavuttanut asetetun tavoitteen. Tavoitteen mukaan omakäyttöasteen tulee sijoittua 70–80 %:n väliin. Saatua omakäyttöastetta 72 % voidaan pitää onnistuneena arvona oikein mitoitettulle järjestelmälle. Tätä on selvitetty tarkemmin luvussa 3.1.5.

Seuraavaksi vertaillaan omakotitalo 2:n osuutta. PVGIS-työkaluun syötetyt lähtötiedot on esitetty liitteessä 2 kuvakaappauksina. Seuraavassa luettelussa on esitetty olennaiset tiedot listauksena vertailua varten omakotitalosta 2:

- valittu tilastolähde on PVGIS-SARAH
- vertailuvuosi 2016
- aurinkopaneeleiden asennuskulma 45°
- aurinkopaneeleiden suuntaus on etelä
- aurinkopaneeleiden materiaali piikide
- aurinkosähköjärjestelmän kokonaisteho 2,04 kWp
- aurinkosähköjärjestelmän häviöt 14 %.

Tässä tapauksessa käytettävissä oleva tuntidata on vuodelta 2021. PVGIS-työkalussa kohteen sijainnin mukaisesti uusien käytettävissä oleva data on vuodelta 2016. Näin saavutetaan kuitenkin luotettava vertailu, koska sähköenergian kulu-
tustottumuksissa sekä auringosta saatavassa tuotannossa on vuotuisia eroja.

Tämän mukaisesti saadun datan avulla on päästy omakotitalo 2:n vertailun tulokseen. Tuloksena on saatu tuotetun kokonaisaurinkosähköenergian määräksi 1 540 kWh vuodessa, josta ylituoton osuus on 397 kWh. Tämä vastaa omakäyttöastetta 74 %. Siten ylituotannon osuus on kokonaistuotantoon verrattuna 26 %.

Tämän perusteella voidaan todeta, että laskuri on saavuttanut asetetun tavoitteen. Tavoitteen mukaan omakäyttöaste tulee sijoittua 70–80 %:n väliin. Saatua omakäyttöastetta 74 % voidaan pitää onnistuneena arvona oikein mitoitettulle järjestelmälle. Tästä on mainittu tarkemmin luvussa 3.1.5.

5.3 Finsolarin kannattavuuslaskurivertailu

On suoritettu Finsolar-sivustolta ladattavan kannattavuuslaskentatyökalun version 4/2020 avulla (Kannattavuuslaskurit.). Tähän on syötetty esimerkkikohteiden lähtötiedot laskurin lähtötietojen mukaisesti. Syötettynä lähtötietona on annettu myös tuntidatalaskennassa saatu ylituotannon osuus. Liitteessä 3 on

esitetty kuvakaappaukset laskuriin syötetyistä lähtötiedoista. Tämän avulla vertaillaan laskurin antamia tuloksia takaisinmaksuaikaan ja kannattavuuteen.

Finsolar-laskurissa on käytetty kiinteästi seuraavia kysytyjä lähtötietoja vertailulaskelman suorittamiseksi. Asetellut lähtötiedot ovat samat kuin luvussa 5.1 tehdyissä laskelmissa niiltä osin kuin ne esiintyvät työssä.

- sähköenergian kokonaisostohinta 0,165 €/ kWh sisältäen siirron ja veron
- arvio ostosähkön hinnan noususta vuosittain 2 %
- aurinkosähkön vuosituoton arvona 967,9 kWh/ kWp
- aurinkosähkön ylijäämän myyntihinta verkkoon 0,06 €/ kWh
- invertterin vaihdon kustannus, osuus alkuinvestoinnista 10 %.

Laskemme ensin omakotitalo 1:n mukaisilla lähtötiedoilla. Finsolar-laskurilla toteutettu laskelma antaa järjestelmän takaisinmaksuajaksi 11 vuotta. Huomioitavaa on, että Finsolar-laskuri antaa vain vuoden tarkkuudella takaisinmaksuajan. Tämän mukaan voidaan verrata saatua tulosta opinnäytetyön laskuriin, jonka mukaan takaisinmaksuaika on 11,7 vuotta. Voidaan todeta, että vertailu on hyvin lähellä Finsolar-laskurin antamaa takaisinmaksuaikaa.

Seuraavaksi laskemme omakotitalo 2:n mukaisilla lähtötiedoilla. Finsolar-laskurilla toteutettu laskelma antaa järjestelmän takaisinmaksuajaksi 11 vuotta. Tämän mukaan voidaan verrata saatua tulosta opinnäytetyön laskuriin, jonka mukaan takaisinmaksuaika on 12,2 vuotta. Voimme todeta, että vertailu on hyvin lähellä Finsolar-laskurin antamaa takaisinmaksuaikaa.

5.4 Lopputulos

Voidaan todeta, että tehtyjen vertailujen perusteella opinnäytetyönä toteutetun laskurin tulokset ovat lähellä vertailulaskentatavoilla sekä laskureilla saatuja arvoja. Laskuria voi näiden perusteella pitää riittävän luotettavana työkaluna myynnin ja markkinoinnin tueksi. Näiden perusteella voidaan myös todeta, että

laskurilla saavutetaan asetetut tavoitteet. Laskurilla voidaan riittävän luotettavasti laskea oikeinmitoitettu aurinkosähköjärjestelmä.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyössä pyrittiin rakentamaan riittävän luotettava, helppokäyttöinen sekä muokattavissa oleva sähköisten aurinkovoimalajärjestelmien mitoitustyökalu pientaloja varten. Laskurin tavoitteena on helpottaa myynnin ja markkinoinnin työskentelyä sekä laskea oikein mitoitettuja aurinkosähköjärjestelmäkokoaisuuksia asiakkaille.

Laskuri oli toteutettu lähelle valmista ennen opinnäytetyön kirjallisen raportoinnin aloittamista. Laskuri toteutettiin Yritys x käyttöön. Yritys x haluaa pysyä salassa. Opinnäytetyön raportin edetessä laskuriin tehtiin muutoksia sekä tarkennuksia. Kirjallisen osuuden puhtaaksi kirjoittaminen sai tekemään vielä laskuriin muutoksia, jotka tarkentavat ja parantavat laskurin toimintaa. Laskurin lopullisen ulkoasun ollessa valmis laskentatyökalu luovutettiin Yritys x käyttöön.

Työn edetessä havaintona oli, että luotettavan mitoituksen saavuttamiseen tarvitaan paljon erilaisia lähtötietoja sekä laskennassa hyödynnettävää tilastointia. Laskurin luotettavuutta ja tarkkuutta voidaan jatkossa kehittää laajemmilla tilastodatoilla sekä lähtötietojen tarkennuksilla, joita asiakkaalta kysytään.

Laskurissa jätetään osittain huomioimatta tärkeitäkin tekijöitä, jotka vaikuttavat oikean kokoisen aurinkosähköjärjestelmän mitoitukseen. Näitä tekijöitä on kuitenkin pyritty arvioimaan keskiarvoilla sekä tilastoitujen datojen avulla. Näiden tekijöiden tarkentamisella laskurista voitaisiin tehdä vieläkin tarkempi työkalu. Luvussa 3.1.6 kerrotaan tarkemmin laskurin epävarmuustekijöistä.

Luotu laskuri toimii Yrityksen x myynti- ja markkinointihenkilöstön työkaluna. Laskuria tullaan myös jatkossa hyödyntämään verkkosivustolle tehtävää asiakaslaskuria varten. Laskuri on luotu helppokäyttöiseksi ja selkeäksi. Tällä helpotetaan myynnin ja markkinoinnin työskentelyä ja saavutettiin asetetut tavoitteet.

Laskurille suoritettiin vertailulaskelmia muilla laskentamenetelmillä sekä laskureilla. Laskurilla saadaan laskettua riittävän tarkasti oikein mitoitettu aurinkosähköjärjestelmä asiakkaalle. Näiden perusteella voidaan todeta, että laskurille asetetut tavoitteet saavutettiin.

Opinnäytetyö avaa lukijalle perusteet oikein mitoitettun aurinkosähköjärjestelmän toteutuksesta. Toteutuksessa käsiteltiin myös akustollisia järjestelmäkokoaisuuksia. Näiden laskentaa varten on käytettävissä vielä toistaiseksi hyvin vähän esimerkkejä sekä materiaalia. Tämä opinnäytetyö antaa ohjeita akustollisten järjestelmien laskentaan.

Laskuri on laajennettavissa myös isompien kohteiden ja mökkien laskentaan. Käyttökokemuksien ja niissä havaittujen mahdollisten puutteiden osalta kehitystä jatketaan aktiivisesti. Kehitystyö jatkuu ja laskuria parannellaan sekä laajennetaan tulevaisuudessa.

Lähteet

Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus 2021. ST-kortisto. Sähköinfo Oy.

Auringosta sähköä. 2021. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringosta_sahkoa>. 20.8.2021. Luettu 3.3.2022.)

Aurinkosähköjärjestelmän teho. 2021. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho>. 20.8.2021. Luettu 3.3.2022.

Auringonpaiste- ja säteilytilastot. 1991–2020. Verkkoaineisto. Ilmatieteen laitos. <www.ilmatieteenlaitos.fi/1991-2020-auringonpaiste-ja-sateilytilastot>. Luettu 10.3.2022.

Heimonen, Ismo. 2011. Aurinko-opas 2012. Verkkoaineisto. Sitra & ympäristöministeriö. www.ym.fi. Luettu 3.3.2022.

Ilma-vesilämpöpumppu. 2022. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu>. 24.1.2022. Luettu 10.3.2022.

Kannattavuuslaskurit. Verkkoaineisto. Finsolar. <www.finsolar.net/kannattavuus/kannattavuuslaskurit/>. Luettu 18.3.2022.

Kotitalousvähennys. 2022. Verkkoaineisto. Verohallinto. <<https://www.vero.fi/henkiloasiakkaat/verokortti-ja-veroilmoitus/tulot-ja-vahennykset/kotitalousvahennys/>>. 14.4.2022. Luettu 17.4.2022.

Kunnilla vaihtoehtoja aurinkosähkön hankintaan. 2019. Verkkoaineisto. Valonia. <www.valonia.fi/uutinen/kunnilla-vaihtoehtoja-aurinkosahkon-hankintaan/>. 12.12.2019. Luettu 18.3.2022.

Liuksiala, Lotta. 2015. Aurinkosähköjärjestelmän kannattava mitoitus. Verkkoaineisto. Finsolar. <www.finsolar.net/kannattavuus/aurinkosahkon-hinnat-ja-kannattavuus/aurinkosahkojarjestelman-kannattava-mitoitus-2/>. 18.6.2015. Luettu 3.3.2022.

Maalämpöpumppu. 2021. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu>. 10.8.2021. Luettu 10.3.2022.

Osa 5: Sijoituskohteet ja niiden valinta. Verkkoaineisto. Pörssisäätiö. <www.porssisaatio.fi/sijoituskoulu/sijoituskohteet-valintakriteerit/>. Luettu 10.3.2022.

Photovoltaic geographical information system. 2019. Verkkoaineisto. European Commission. <https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/>. 15.10.2019. Luettu 18.3.2022.

ROI eli sijoitetun pääoman tuotto. Verkkoaineisto. Osakesijoittajat.fi. <www.osakesijoittaja.fi/roi/>. Luettu 23.4.2022.

Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. 2016. Verkkoaineisto. TEM. <www.tem.fi/energia-ja-ilmastostrategia>. Luettu 3.3.2022.

Vedenkulutus. 2021. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/vedenkulutus>. 10.11.2021. Luettu 10.3.2022.

Wirth, Harry. 2021. Recent Facts about Photovoltaics in Germany. Verkkoaineisto. Fraunhofer ISE. <www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/recent-facts-about-photovoltaics-in-germany.pdf>. 15.5.2021. Luettu 10.3.2022.

Liite 1. Omakotitalon 1 ja 2 lähtötiedot ja tulokset laskurissa

Asiakaskysymykset laskentaa varten	Tuotteet valintojen mukaan	Tarkempia tietoja järjestelmästä	
Asuntosi lämmitysuoato Sähkö	Aurinkopaneelit	Järjestelmän kokonaisteho	5,04 kWp
Asuntosi vuosittainen sähkönkulutus kWh 21900-28900	LONGI MONO 360W, Half-Cell, Half-Cut, Full-Black 14 kpl	Vertailu €/kWp	1750 €/kWp
Asuntosi oletettu katon asennuslappeen suuntaus Etelä/ Kaakko/ Lounas	Paneelin koko 1755*1038*35	Järjestelmän hankintahinta laskurin mukaisesti	8820 €
Paneelityyppi LONGI MONO 360W, Half-Cell, Half-Cut, Full-Black	Paneelin valmistusmaa Kiina	Järjestelmän muokattu hinta oman harkinnan mukaan	0 € <---HUOM! Tämä pitää olla arvo 0, jos et tee muutoksia hintaan!
Asuntosi kerroskorkeus 2 tai yli	Paneelin kennotyyppi Normal PERC	Rahoitus	150 €/kk
Katon jyrkkyys Loiva (<30°)	Oma valinta aurinkopaneelien määrä	Työosuus	3969 €
Tasakatto Ei	0 kpl	Kotitalousvähennyksen osuus	1587,6 €
Maateline asennus Ei	HUOM! Arvon tulee olla 0, jos et tee muutoksia hintaan!	Järjestelmän hankintahinta kotitalousvähennys huomioiden	7232,4 €
Kattotyypä Peltikatto	Invertteri	Arvioitu vuosittainen kokonais säästö	550 €/vuodessa
Moneenko riviin paneelit asennetaan Kahteen riviin	Fronius SYMO 6.0-3 1 kpl	Säästö aurinkopaneelista	550 €/vuodessa
Kuinka monelle lappeelle paneelit asennetaan Yhdelle lappeelle	Invertteri oma valinta	Säästö akusto	0 €/vuodessa
Sähkönkulutuksen ohjaus/ optimointi (Lämminvesivaraaja) Kyllä	Ei omaa valintaa 0 kpl	Takaisinmaksuaika	
Tuotannonseurantajärjestelmä tabletti, puhelin tai tietokone Kyllä	Akustopaketti	Ilman kotitalousvähennystä	11,7 vuotta 5,90 % ROI
Akustojärjestelmä Ei	Ei akustoa - kpl	Kotitalousvähennyksen kanssa	10,2 vuotta 8,60 % ROI
Akustojärjestelmän sijoitus Ei akustoa	- kpl	Takuutiedot	
Invertterin ja sähköistyksen toteutus Keskitaso asennus. Invertteri asennetaan ulos tai sisälle. Yksi kevyt läpiviynti ja keskus ei välittömässä läheisyydessä	Akustopaketti oma valinta	Aurinkopaneelit	12/25 vuotta Tuotetakuu/ Tuottotakuu
Sulakkeiden/ Johdonsuojien lisäys Lisätään uudet ryhmälähdöt keskukselle	Ei omaa valintaa - kpl	Invertteri	10 vuotta Tuotetakuu
Maakunnan valinta Uusimaa	Ei omaa valintaa - kpl	Akusto	0 vuotta Tuotetakuu
	Ei omaa valintaa - kpl	Optimoijat	0 vuotta Tuotetakuu
	Ei omaa valintaa - kpl	Kiinnitysjärjestelmä	30 vuotta Tuotetakuu

Kuva 1. Laskurissa oleva näkymä omakotitalon 1 esimerkkilaskelmasta.

Asiakaskysymykset laskentaa varten	Tuotteet valintojen mukaan	Tarkempia tietoja järjestelmästä	
Asuntosi lämmitysuo Maalämpö	Aurinkopaneelit JASOLAR MONO 340W, Half-Cell 6 kpl	Järjestelmän kokonaisteho	2,04 kWp
Asuntosi vuosittainen sähkönkulutus kWh 10900-13900	Paneelin koko 1689*996*35	Vertailu €/kWp	2094 €/kWp
Asuntosi oletettu katon asennuslappeen suuntaus Etelä/ Kaakko/ Lounas	Paneelin valmistusmaa Kiina	Järjestelmän hankintahinta laskurin mukaisesti	4270 €
Paneelityyppi JASOLAR MONO 340W, Half-Cell	Paneelin kennotyyppi Normal PERC	Järjestelmän muokattu hinta oman harkinnan mukaan	0 € <---HUOM! Tämä pitää olla arvo 0, jos et tee muutoksia hintaan!
Asuntosi kerroskorkeus 1,5 tai alle	Oma valinta aurinkopaneelien määrä 0 kpl	Rahoitus	73 €/kk
Katon jyrkkyys Keskijyrkkä (30°..70°)	HUOM! Arvon tulee olla 0, jos et tee muutoksia hintaan!	Työnosuus	1921,5 €
Tasakatto Ei	Invertteri Fronius SYMO 3.0-3 1 kpl	Kotitalousvähennyksen osuus	768,6 €
Maateline asennus Ei	Invertteri oma valinta	Järjestelmän hankintahinta kotitalousvähennys huomioiden	3501,4 €
Kattotyypit Peltikatto	Ei omaa valintaa 0 kpl	Arvioitu vuosittainen kokonais säästö	250 €/vuodessa
Moneenko riviin paneelit asennetaan Yhteen riviin	Akustopaketti	Säästö aurinkopaneelista	250 €/vuodessa
Kuinka monelle lappeelle paneelit asennetaan Yhdelle lappeelle	Ei akustoa - kpl	Säästö akusto	0 €/vuodessa
Sähkönkulutuksen ohjaus/ optimointi (Lämminvesivaraaja) Ei	- kpl	Takaisinmaksuaika	
Tuotannonseurantajärjestelmä tabletti, puhelin tai tietokone Kyllä	Akustopaketti oma valinta	Ilman kotitalousvähennystä	12,2 vuotta 5,10 % ROI
Akustojärjestelmä Ei	Ei omaa valintaa - kpl	Kotitalousvähennyksen kanssa	10,7 vuotta 7,70 % ROI
Akustojärjestelmän sijoitus Ei akustoa	Kiinnitystuotteet	Takuutiedot	
Invertterin ja sähköistyksen toteutus Helppo asennus. Invertteri asennetaan ulos tai sisälle ja lyhyt matka ilman vaikeita läpivientejä keskukselle tai p	Orima	Aurinkopaneelit	12/25 vuotta Tuotetakuu/ Tuototakuu
Sulakkeiden/ Johdonsuojien lisäys Käytetään olemassa olevia ryhmälähtöjä	Lisätuotteet	Invertteri	10 vuotta Tuotetakuu
Maakunnan valinta Uusimaa	Tuotannonseurantajärjestelmä tabletti, puhelin tai tietokone	Akusto	0 vuotta Tuotetakuu
	Lisätuotteet oma valinta	Optimoljat	0 vuotta Tuotetakuu
	Ei omaa valintaa - kpl	Kiinnitysjärjestelmä	30 vuotta Tuotetakuu
	Ei omaa valintaa - kpl		
	Ei omaa valintaa - kpl		
	Ei omaa valintaa - kpl		
	Ei omaa valintaa - kpl		
	Ei omaa valintaa - kpl		
	Ei omaa valintaa - kpl		
	Ei omaa valintaa - kpl		

Kuva 2. Laskurissa oleva näkymä omakotitalon 2 esimerkkilaskelmasta.

Liite 2. PVGIS-työkaluun syötetyt lähtötiedot, omakotitalo 1 ja 2

The screenshot displays the 'HOURLY RADIATION DATA' configuration page in the PVGIS tool. The left sidebar shows navigation options: GRID CONNECTED, TRACKING PV, OFF-GRID, MONTHLY DATA, DAILY DATA, HOURLY DATA (selected), and TMY. The main configuration area includes the following fields and options:

- Solar radiation database*:** PVGIS-SARAH2 (dropdown)
- Start year*:** 2020 (dropdown)
- End year*:** 2020 (dropdown)
- Mounting type*:** Fixed (selected), Vertical axis, Inclined axis, Two axis (radio buttons)
- Slope [°]:** 30 (input field)
- Azimuth [°]:** 0 (input field)
- Optimize slope
- Optimize slope and azimuth
- PV power**
- PV technology*:** Crystalline silicon (dropdown)
- Installed peak PV power [kWp]*:** 5.04 (input field)
- System loss [%]*:** 14 (input field)
- Radiation components

At the bottom of the interface, there are two blue buttons for data export: '↓ csv' and '↓ json'.

Kuva 1. PVGIS-työkaluun syötetyt lähtötiedot omakotitalo 1 (Photovoltaic geographical information system. Verkkoaineisto. European Commission. 15.10.2019. Luettu 18.3.2022).

HOURLY RADIATION DATA

Solar radiation database* PVGIS-SARAH

Start year:* 2016 End year:* 2016

Mounting type:*

Fixed Vertical axis Inclined axis Two axis

Slope [°] 45 Optimize slope

Azimuth [°] 0 Optimize slope and azimuth

PV power

PV technology* Crystalline silicon

Installed peak PV power [kWp]* 2.04

System loss [%]* 14

Radiation components

↓ CSV ↓ json

Kuva 2. PVGIS työkaluun syötetyt lähtötiedot omakotitalo 2 (Photovoltaic geographical information system. Verkkoaineisto. European Commission. 15.10.2019. Luettu 18.3.2022).

Liite 3. Finsolar-laskuriin syötetyt lähtötiedot ja tulokset, omakotitalo 1 ja 2

Tiedot kiinteistön ostosähkön kustannuksista (aurinkosähköjärjestelmän vertailukustannukset):			Aurinkosähkön kustannus- ja tuototlaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana:														
			Järjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanto kWh/v	Ostosähkön hankintakustannus aur/kWh	Aurinkosähkön tuotannon vastaavan ostosähkön arvo, euro/v	Investoinnin kertamaksu tai lainaerät €/v	Rahoituksen korkokulut eur/v	Ylläpito- ja huoltokulut eur/v	Aurinkosähkön kustannukset yhteensä eur/v	Aurinkosähkön ylijäätymän myyntihinta eur/kWh	Aurinkosähkön ylijäätymän myyntituotot eur/v	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä eur/v	Kassavirta eur/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v	Investoinnin nettonykyarvo (NPV) laskentakorolla eur/v	Takaisinmaksu-vuodet
Sähkönenergian ostohinta	0,0	snt/kWh	Vinkki: katso hinta	1	4878	0,17 €	€804,9	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,06	€82,0	€661,5	-€13 739	-€13 739	-€13 739	1
Energiaperusteinen sähkön siirtohint	0,0	snt/kWh	Vinkki: katso hinta	2	4854	0,17 €	€816,9	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,06	€83,2	€671,3	-€13 729	-€27 467	-€13 729	1
Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu	0,000	snt/kWh	Lähde: https://www.virkka.fi	3	4830	0,17 €	€829,1	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,06	€84,4	€681,3	-€13 719	-€41 186	-€13 719	1
Ostosähkön arvonnalisävero	0 %		Yhtykset ja kunnat	4	4805	0,18 €	€841,4	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,06	€85,7	€691,5	-€13 709	-€54 894	-€13 709	1
Välitulos: aurinkosähkön vertailuhinta eli aurinkosähkön	16,5	snt/kWh	Lähde: https://www.virkka.fi	5	4781	0,18 €	€854,0	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,06	€86,9	€701,8	-€13 698	-€68 593	-€13 698	1
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v	2,0%	/vuosi		6	4757	0,18 €	€866,7	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,07	€88,2	€712,3	-€13 688	-€82 280	-€13 688	1
Tiedot hankittavasta aurinkosähköjärjestelmästä:				7	4734	0,19 €	€879,6	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,07	€89,6	€722,9	-€13 677	-€95 957	-€13 677	1
Aurinkosähköjärjestelmän koko tehona kWp	5,04	kWp		8	4710	0,19 €	€892,7	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,07	€90,9	€733,6	-€13 666	-€109 624	-€13 666	1
Välitulos: järjestelmän koko paneelin pinta-alana noin m2	34,272	neliometriä	Lähde: Suomen	9	4686	0,19 €	€906,0	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,07	€92,2	€744,6	-€13 655	-€123 279	-€13 655	1
Aurinkosähkön vuosituotto järjestelmän sijainnin mukaan	967,9	kWh/kWp	Lähde: Wirth & Huom. Taloudell.	10	4663	0,20 €	€919,5	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,07	€93,6	€755,7	-€13 644	-€136 924	-€13 644	1
Välitulos: aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto alussa	4878	kWh	Yleensä välillä 2	11	4640	0,20 €	€933,2	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,07	€95,0	€766,9	-€13 633	-€150 597	-€13 633	0
Aurinkovoiman vuosittainen sähköntuotannon vähenemä %/v	-0,5%	%		12	4617	0,21 €	€947,1	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,07	€96,4	€778,4	-€13 622	-€164 271	-€13 622	0
Aurinkosähkön ylijäätymän osuus % vuosituotannosta	28 %	%		13	4593	0,21 €	€961,2	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,08	€97,9	€790,0	-€13 611	-€177 945	-€13 611	0
Aurinkosähkön ylijäätymän myyntihinta verkkoon snt/kWh	6,0	snt/kWh		14	4570	0,21 €	€975,5	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,08	€99,3	€801,7	-€13 600	-€191 619	-€13 600	0
Tiedot aurinkosähköjärjestelmän hankinta-, ylläpito- sekä rahoituskustannuksista:				15	4548	0,22 €	€990,1	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,08	€100,8	€813,7	-€13 589	-€205 293	-€13 589	0
Aurinkosähköjärjestelmän avaimet käteen -investointikustannus €	€8 820	euroa	Huom. hinnassa	16	4525	0,22 €	€1 004,8	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,08	€102,3	€826,8	-€13 578	-€218 967	-€13 578	0
Välitulos: Järjestelmän vertailuhinta ilman tukia	1 750 €	euroa/kWp		17	4502	0,23 €	€1 019,8	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,08	€103,8	€839,8	-€13 567	-€232 641	-€13 567	0
Mahdollinen investointituki, kotitalousvähennys tms.	0 %	%	Energiatuki http://www.energiatuki.fi	18	4480	0,23 €	€1 035,0	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,08	€105,4	€853,6	-€13 556	-€246 315	-€13 556	0
Oma mainos-, brandi- tai ympäristötuki investoinnille €	€0	euroa	Ohje: Täytä investointitiedot	19	4457	0,24 €	€1 050,4	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,09	€107,0	€867,3	-€13 545	-€260 000	-€13 545	0
Välitulos: Järjestelmän investointikustannus sisältäen mahdolliset	8 820 €	euroa		20	4435	0,24 €	€1 066,1	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,09	€108,5	€881,1	-€13 534	-€273 694	-€13 534	0
Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen määrä	€14 400	euroa		21	4413	0,25 €	€1 082,0	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,09	€110,2	€895,2	-€13 523	-€287 407	-€13 523	0
Laina-aika tai rahoitusoppimuksen pituus	1	vuotta		22	4391	0,25 €	€1 098,1	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,09	€111,8	€909,4	-€13 512	-€301 139	-€13 512	0
Lainan tai rahoituksen korko	0,0%	%		23	4369	0,26 €	€1 114,4	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,09	€113,5	€924,1	-€13 501	-€314 890	-€13 501	0
Välitulos: Lainan tai ulkopuolisen rahoituksen maksuerät/vuosi	€14 400,0	euroa/vuotta	Ohje: Jaa lainan	24	4347	0,26 €	€1 131,0	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,09	€115,2	€939,5	-€13 490	-€328 660	-€13 490	0
Investoinnin tuottovaatimus	0,0%	%	Tuottovaatimus	25	4325	0,27 €	€1 147,9	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,10	€116,9	€954,4	-€13 479	-€342 459	-€13 479	0
Invertterin vaihdon kustannus, osuus alkuinvestoinnista. Oletettu	10 %	%	Yleensä 6-10%	26	4304	0,27 €	€1 165,0	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,10	€118,6	€969,4	-€13 468	-€356 278	-€13 468	0
Vuotuiset ylläpitokulut (vakuutukset, huolto tms. kulut)	€0	euroa		27	4282	0,28 €	€1 182,4	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,10	€120,4	€984,1	-€13 457	-€370 117	-€13 457	0
				28	4261	0,28 €	€1 200,0	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,10	€122,2	€998,2	-€13 446	-€383 985	-€13 446	0
				29	4239	0,29 €	€1 217,9	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,10	€124,0	€1 012,0	-€13 435	-€397 884	-€13 435	0
				30	4218	0,29 €	€1 236,0	€14 400	€0,0	€14 400,0	€0,11	€125,8	€1 025,8	-€13 424	-€411 812	-€13 424	0
				YHTEENSÄ	136215		€30 169	€0,0	€882,0	€144 882,0	€0,11	€3 071,7	€24 793,2	€1 016	-€120 089	€1 016	11

Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat	
Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden käyttöajalla	1 016 € euroa
Takaisinmaksuaika laskentakorolla	11 vuotta

Vertaa:	
pitoajalla	106,4 snt/kWh
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden	22,3 snt/kWh

Kannattavuuslaskurin v1.0 tekijät: Juntunen Jouni, Jalas Mikko ja Auvinen Karoliina. 2015. FinSolar-hanke, Aalto-yliopisto.

Kannattavuuslaskurin v1.1 tekijät: Auvinen Karoliina ja Rummukainen Miika. 2020. Canemure-hanke, Suomen ympäristökeskus SYKE.

Kuva 1. Finsolar 4/2020 -laskuriin syötetyt lähtötiedot ja tulokset omakotitalo 1 (Kannattavuuslaskurit. Verkkoaineisto. Finsolar. Luettu 18.3.2022).

Tiedot kiinteistön ostosähkön kustannuksista (aurinkosähköjärjestelmän vertailukustannukset):		Aurinkosähkön kustannus- ja tuotolaskelmat järjestelmän elinkaaren aikana:																
			Aurinkosähköjärjestelmän pitoaika vuosina	Aurinkosähkön tuotanton kWh/v	Ostosähkön hankintakustannus aurikWh	Aurinkosähkön tuotanton vastaavan 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	Aurinkosähkön tuotannon arvo yhteensä eur/v	Kassavirta eur/v	Investoinnin kumulatiivinen tuotto eur/v	Investoinnin nettonykyarvo (NPV) laskentakoroilla eur/v	Takaisinmaksu- vuodet	
Sähköenergian ostohinta	0,0	snt/kWh	Vinkki: kat															
Energiaperusteinen sähkön siirtohint	0,0	snt/kWh	Vinkki: kat															
Sähkövero ja huoltovarmuusmaksu	0,000	snt/kWh	Lähde: htt															
Ostosähkön arvonlisävero	0 %		Yritykset j															
Välitulos: aurinkosähkön vertailuhinta eli aurinkosähkön	16,5	snt/kWh		1	1975	0,17 €	€325,8	€14 400	€0,0	€0,0	€14 400,0	€0,05	€11,8	€305,1	-€14 095	-€14 095	-€14 095	1
Arvio ostosähkön hinnan noususta %/v	2,0%	/vuosi	Lähde: htt	2	1965	0,17 €	€330,6	€14 400	€0,0	€0,0	€14 400,0	€0,05	€12,0	€309,6	-€14 090	-€28 185	-€14 090	1
				3	1955	0,17 €	€335,6	€14 400	€0,0	€0,0	€14 400,0	€0,05	€12,2	€314,2	-€14 086	-€42 271	-€14 086	1
				4	1945	0,18 €	€340,6	€14 400	€0,0	€0,0	€14 400,0	€0,05	€12,4	€318,9	-€14 081	-€56 352	-€14 081	1
				5	1935	0,18 €	€345,7	€14 400	€0,0	€0,0	€14 400,0	€0,05	€12,6	€323,7	-€14 076	-€70 429	-€14 076	1
				6	1926	0,18 €	€350,8	€14 400	€0,0	€0,0	€14 400,0	€0,07	€12,8	€328,5	-€14 072	-€84 500	-€14 072	1
				7	1916	0,19 €	€356,0	€14 400	€0,0	€0,0	€14 400,0	€0,07	€12,9	€333,4	-€14 067	-€98 567	-€14 067	1
				8	1906	0,19 €	€361,3	€14 400	€0,0	€0,0	€14 400,0	€0,07	€13,1	€338,3	-€14 062	-€112 628	-€14 062	1
				9	1897	0,19 €	€366,7	€14 400	€0,0	€0,0	€14 400,0	€0,07	€13,3	€343,4	-€14 057	-€126 685	-€14 057	1
				10	1887	0,20 €	€372,2	€14 400	€0,0	€0,0	€14 400,0	€0,07	€13,5	€348,5	-€14 052	-€140 736	-€14 052	1
				11	1878	0,20 €	€377,7		€0,0	€0,0	€0,0	€0,7	€13,7	€353,7	€354	-€140 383	€354	0
				12	1869	0,21 €	€383,4		€0,0	€0,0	€0,0	€0,7	€13,9	€359,0	€359	-€140 024	€359	0
				13	1859	0,21 €	€389,1		€0,0	€0,0	€0,0	€0,8	€14,1	€364,3	€364	-€139 660	€364	0
				14	1850	0,21 €	€394,9		€0,0	€0,0	€0,0	€0,8	€14,4	€369,7	€370	-€139 290	€370	0
				15	1841	0,22 €	€400,7		€0,0	€427,0	€427,0	€0,8	€14,6	€375,2	-€52	-€139 342	-€52	1
				16	1831	0,22 €	€406,7		€0,0	€0,0	€0,0	€0,8	€14,8	€380,8	€381	-€138 961	€381	0
				17	1822	0,23 €	€412,8		€0,0	€0,0	€0,0	€0,8	€15,0	€386,5	€387	-€138 574	€387	0
				18	1813	0,23 €	€418,9		€0,0	€0,0	€0,0	€0,8	€15,2	€392,3	€392	-€138 182	€392	0
				19	1804	0,24 €	€425,2		€0,0	€0,0	€0,0	€0,9	€15,5	€398,1	€398	-€137 784	€398	0
				20	1795	0,24 €	€431,5		€0,0	€0,0	€0,0	€0,9	€15,7	€404,0	€404	-€137 380	€404	0
				21	1786	0,25 €	€437,9		€0,0	€0,0	€0,0	€0,9	€15,9	€410,1	€410	-€136 970	€410	0
				22	1777	0,25 €	€444,5		€0,0	€0,0	€0,0	€0,9	€16,2	€416,2	€416	-€136 554	€416	0
				23	1768	0,26 €	€451,1		€0,0	€0,0	€0,0	€0,9	€16,4	€422,4	€422	-€136 131	€422	0
				24	1760	0,26 €	€457,8		€0,0	€0,0	€0,0	€0,9	€16,6	€428,7	€429	-€135 702	€429	0
				25	1751	0,27 €	€464,6		€0,0	€0,0	€0,0	€1,0	€16,9	€435,1	€435	-€135 267	€435	0
				26	1742	0,27 €	€471,5		€0,0	€0,0	€0,0	€1,0	€17,1	€441,5	€442	-€134 826	€442	0
				27	1733	0,28 €	€478,6		€0,0	€0,0	€0,0	€1,0	€17,4	€448,1	€448	-€134 378	€448	0
				28	1725	0,28 €	€485,7		€0,0	€0,0	€0,0	€1,0	€17,7	€454,8	€455	-€133 923	€455	0
				29	1716	0,29 €	€492,9		€0,0	€0,0	€0,0	€1,0	€17,9	€461,6	€462	-€133 461	€462	0
				30	1707	0,29 €	€500,3		€0,0	€0,0	€0,0	€1,1	€18,2	€468,5	€468	-€132 993	€468	0
				YHTEENSA	55135		€12 211		€0,0	€427,0	€144 427,0		€444,0	€11 434,1			11	
Yhteenveto: investoinnin tuotto- ja kannattavuuslaskelmat																		
Investoinnin nettonykyarvo 30 vuoden käyttöajalla	468 €	euroa																
Takaisinmaksuaika laskentakoroilla	11	vuotta																
Vertaa:																		
pitoajalla	262,0	snt/kWh																
Arvioitu ostosähkön keskimääräinen hinta 30 vuoden	22,3	snt/kWh																
Kannattavuuslaskurin v1.0 tekijät: Juntunen Jouni, Jalas Mikko ja Auvinen Karoliina. 2015. FinSolar-hanke, Aalto-yliopisto.																		
Kannattavuuslaskurin v1.1 tekijät: Auvinen Karoliina ja Rummukainen Miika. 2020. Canemure-hanke, Suomen ympäristökeskus SYKE.																		

Kuva 2. Finsolar 4/2020 -laskuriin syötetyt lähtötiedot ja tulokset omakotitalo 2 (Kannattavuuslaskurit. Verkoaineisto. Finsolar. Luettu 18.3.2022).