



PIKES

Pielisen Karjalan Kehittämiskeskus Oy PIKES

Poveria biomassasta -hanke

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMIEN MITOITUS JA KANNATTAVUUS MAATILOILLA

4.4.2018

Antti Niemi

Pikes Oy/Poveria biomassasta -hanke



Sisältö

- Aurinkosähkön perusteet
- Mitoitusperusteet
- Kannattavuus ja siihen vaikuttavat tekijät
- Esimerkki mitoitus- ja kannattavuuslaskennasta
- Esimerkki-case video

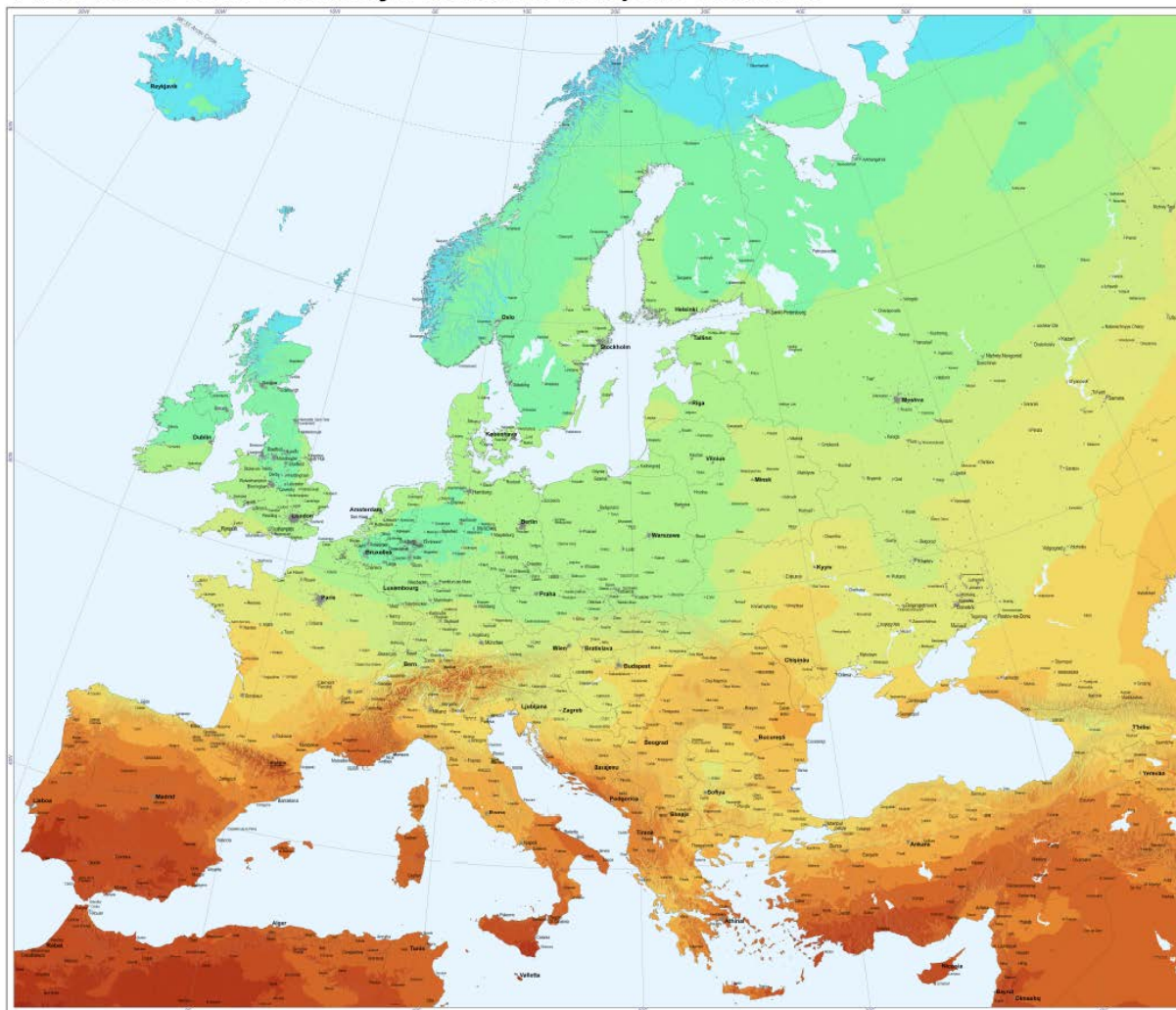


PIKES

Pielisen Karjalan Kehittämiskeskus Oy PIKES

Poveria biomassasta -hanke

Photovoltaic Solar Electricity Potential in European Countries



Global irradiation [kWh/m²]
<50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 220 230 240 250 260 270 280 290 300 310 320 330 340 350 360 370 380 390 400 410 420 430 440 450 460 470 480 490 500 510 520 530 540 550 560 570 580 590 600 610 620 630 640 650 660 670 680 690 700 710 720 730 740 750 760 770 780 790 800 810 820 830 840 850 860 870 880 890 900 910 920 930 940 950 960 970 980 990 1000

Yearly sum of global irradiation incident on optimally-inclined south-oriented photovoltaic modules
Yearly sum of solar electricity generated by 1 kWp system with optimally-inclined modules and performance ratio 0.75
Solar electricity [kWh/kWp]

0 100 200 300 400 500 km

© European Communities, 2005
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

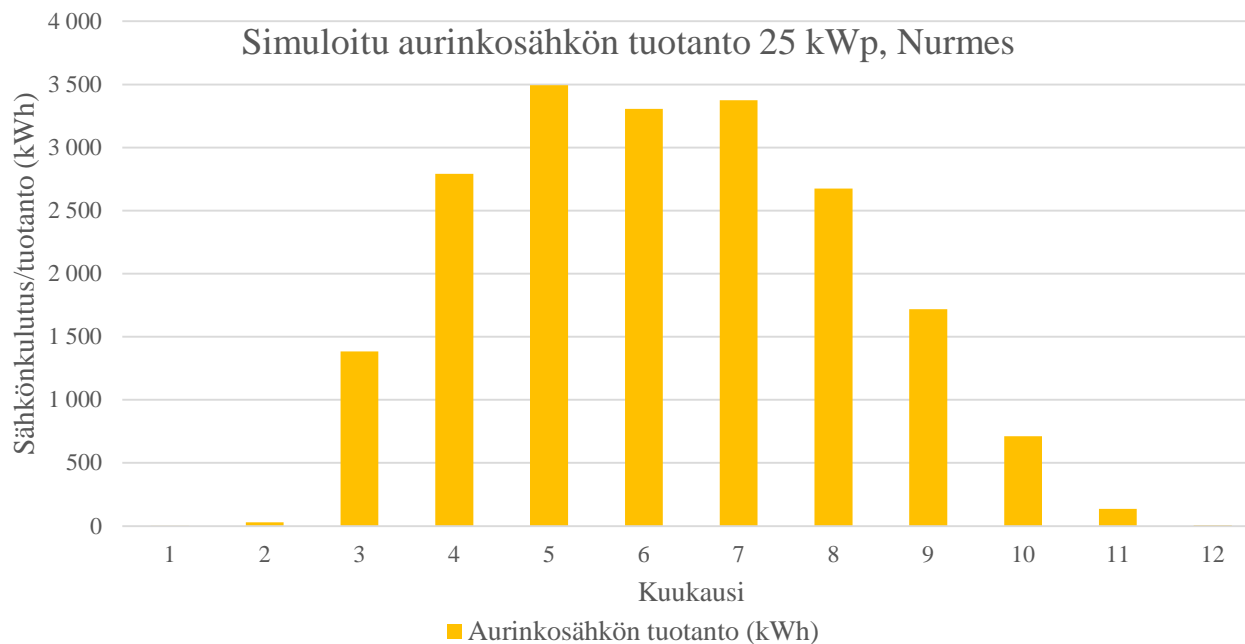
Lähde: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/download/PVGIS-EuropeSolarPotential.pdf>



Aurinkosähkön tuotantopotentiaali

■ Suomen oloissa vuosituotanto noin 700-900 kWh/kW_p

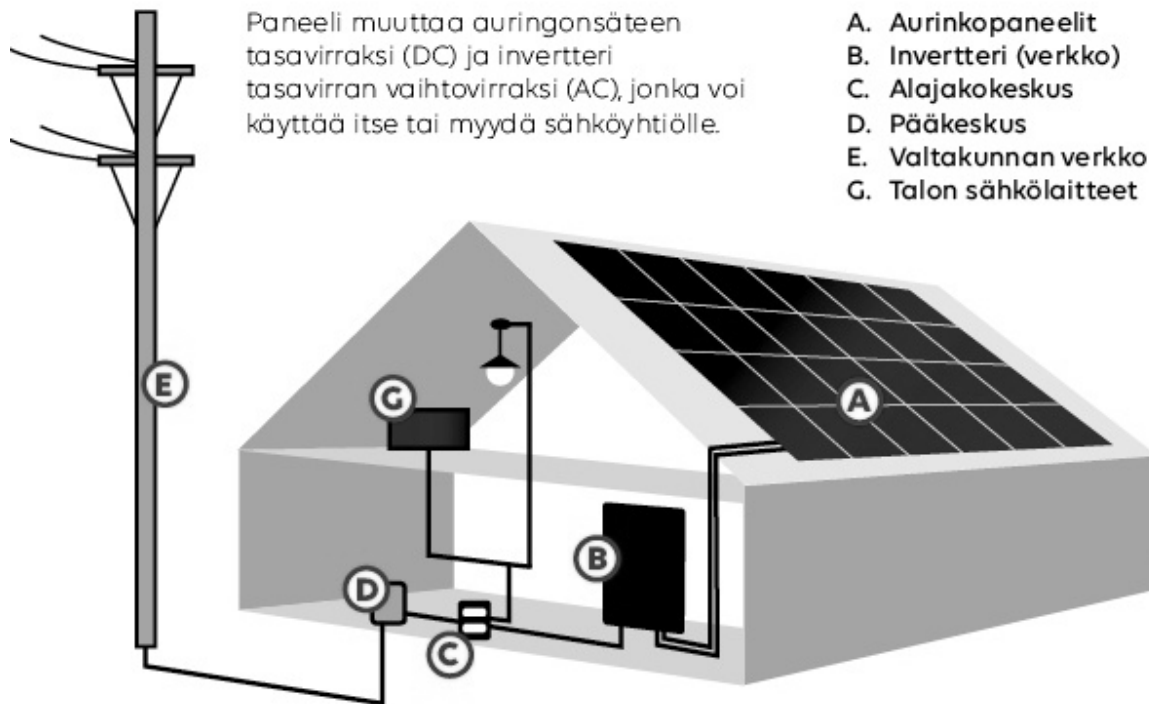
– Esim. 25 kW_p vuosituotanto noin 20 000 kWh





Aurinkosähkön perusteet

AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN TOIMINTA



Lähde: <https://www.spinea.fi/tuotteet/aurinkosahko-aurinkopaneeli/>



Aurinkosähkön perusteet

- Ei liikkuvia osia, pieni huollon tarve
 - Käyttöikä n. 30 vuotta
 - Tuotantotakuu yleensä 25-30 v
 - Invertterin vaihto 15-20 vuoden kohdalla
- Asennus katolle, seinälle, maahan
- Yhden paneelin teho yleensä 200-280 W_p
 - Pinta-ala n. 1,6 m²
 - W_p = niemellisteho standardioloissa
 - Säteily 1 000 W/m²
- Ylijäämäsähkö verkkoon
 - Pörssihinta



Aurinkosähkön perusteet

Aurinkosähkön edut	Aurinkosähkön realiteetit
<ul style="list-style-type: none">• Huoltovarmuus• Pitkäikäisyys, pitkät takuut• Suhteellisen riskitön sijoitus• Ekologisuus ja imago• Modulaarisuus• Lisää energiaomavaraisuutta• Korkea investoinnin kotimaisuusaste• Kiinteistön arvon nousu• Älykkään sähkönhjauksen ja sähköön varastoinnin mahdollisuudet	<ul style="list-style-type: none">• Paras tuotantoaika kesäkuukausina• Suomessa täydentävä energiamuoto• Herkkä varjostumille• Sitoutuminen pitkäikäiseen investointiin, ei nopeita tuottoja



Mitoitusperusteet

■ Mitoituksen pohjatietoja

– Kesäkuukausien sähkönkulutus

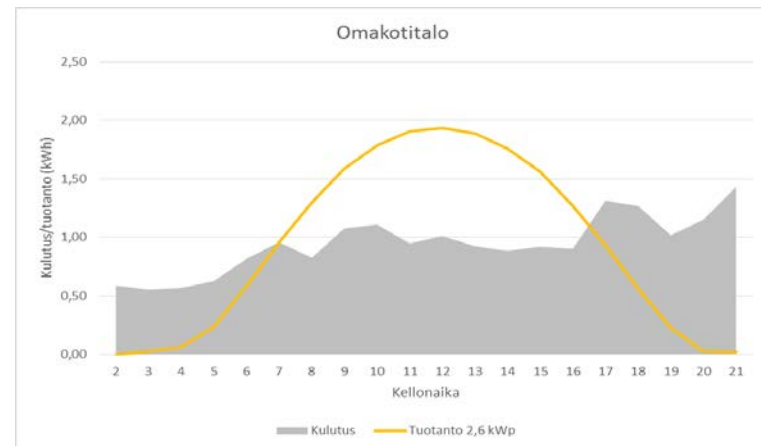
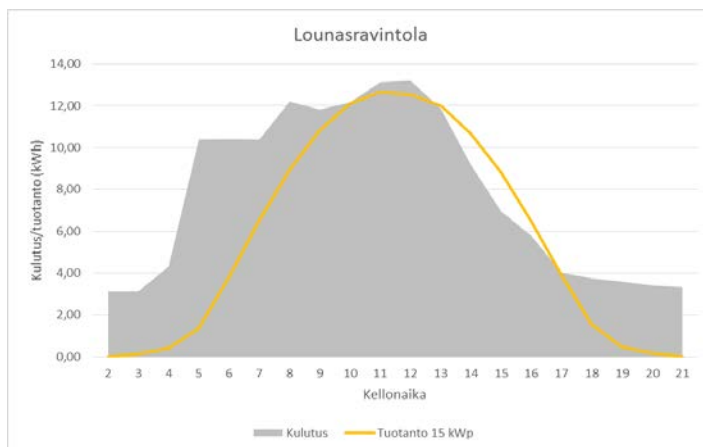
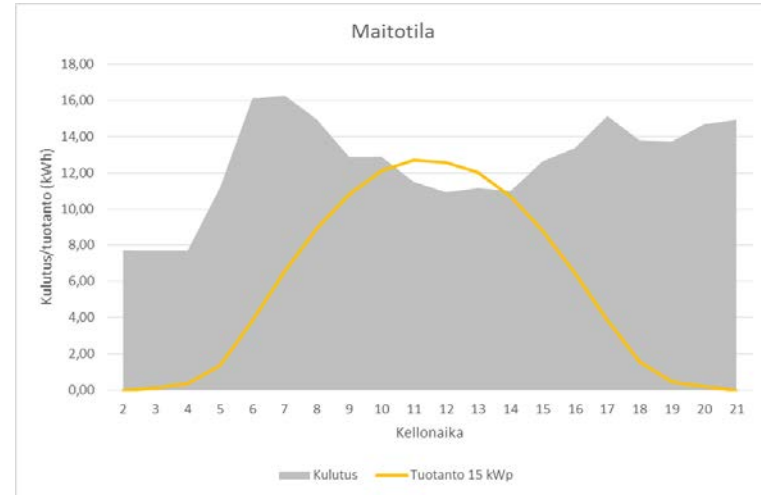
– Aurinkosähkön tuotantopotentiaali

- Ilmansuunta, kallistuskulma, sijainti, varjostavat tekijät

■ Voimalan €/kW_p hinta

Sähkönkulutus

- Tuntikulutus sähköyhtiöltä
- Mitoitus kesäkuukausien perusteella





Omakäyttöaste

- Nyrkkisääntö: vähintään n. 80-90 % sähköstä omaan kulutukseen
- Edellyttää tuntikohtaisen kulutusprofiilin tarkastelua
- Simulaatio-ohjelmilla tarkempia arvioita
- Järkevällä mitoituksella yleensä 10-30 % omavaraisuusaste sähkön kulutuksesta



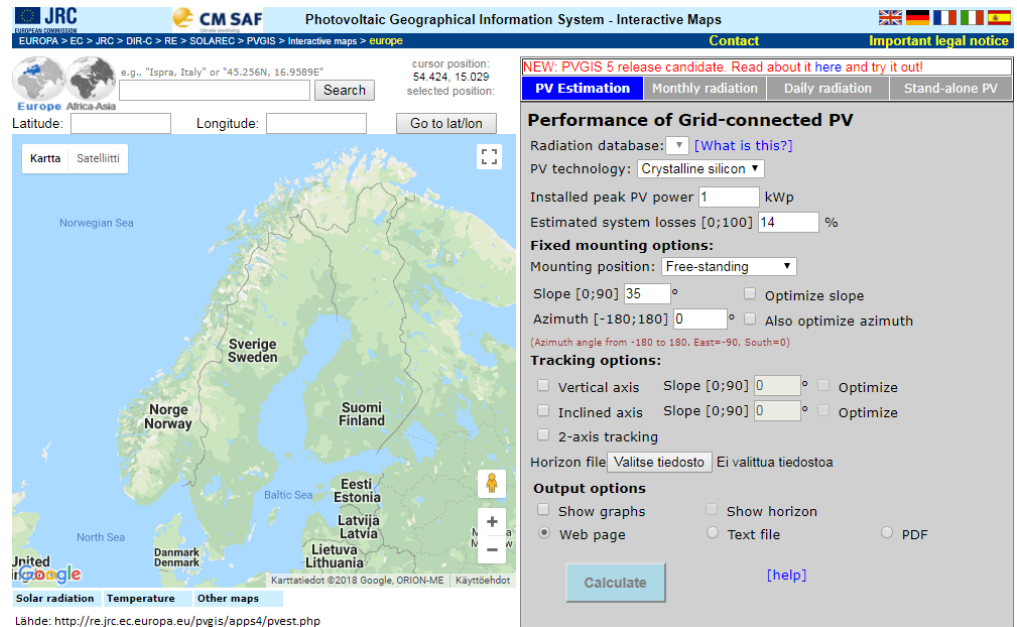
Ilmansuunta ja kallistuskulma

- Etelä paras ilmansuunta
 - Kaakko ja lounas -5 %, itä ja länsi -20 %
 - Huomioi kulutusprofiili, 2-piirinen asennus mahdollinen
- Kallistuskulma yleensä kattokulman mukaan
 - Paras kulma 40-45 astetta, myös seinäasennus mahdollinen

Kulma	Tuotto verrattuna optimiin (43 astetta, Nurmes)
35	- 1 %
30	- 2 %
25	- 4 %
20	- 6%
15	- 9 %
10	- 12 %
5	- 15 %

Laskureita

- PVGIS
tuotantolaskuri
– Laskurin käyttöohje
- Solar-Arena
- Sun energia
- Finsolar sivuston
laskurit



The screenshot shows the PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) web interface. The top navigation bar includes the JRC and CM SAF logos, and the title "Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps". The main content area is divided into a map on the left and a configuration panel on the right. The map shows a satellite view of Europe with labels for various countries like Norway, Sweden, Finland, Estonia, Latvia, and Lithuania. The configuration panel on the right is titled "Performance of Grid-connected PV" and includes sections for "Radiation database", "PV technology" (set to Crystalline silicon), "Installed peak PV power" (1 kWp), "Estimated system losses" (14%), "Fixed mounting options" (Free-standing), "Slope" (35 degrees), "Azimuth" (0 degrees), "Tracking options" (Vertical axis, Inclined axis, 2-axis tracking), "Horizon file", and "Output options" (Web page, Text file, PDF). A "Calculate" button is visible at the bottom of the configuration panel.



Kannattavuus

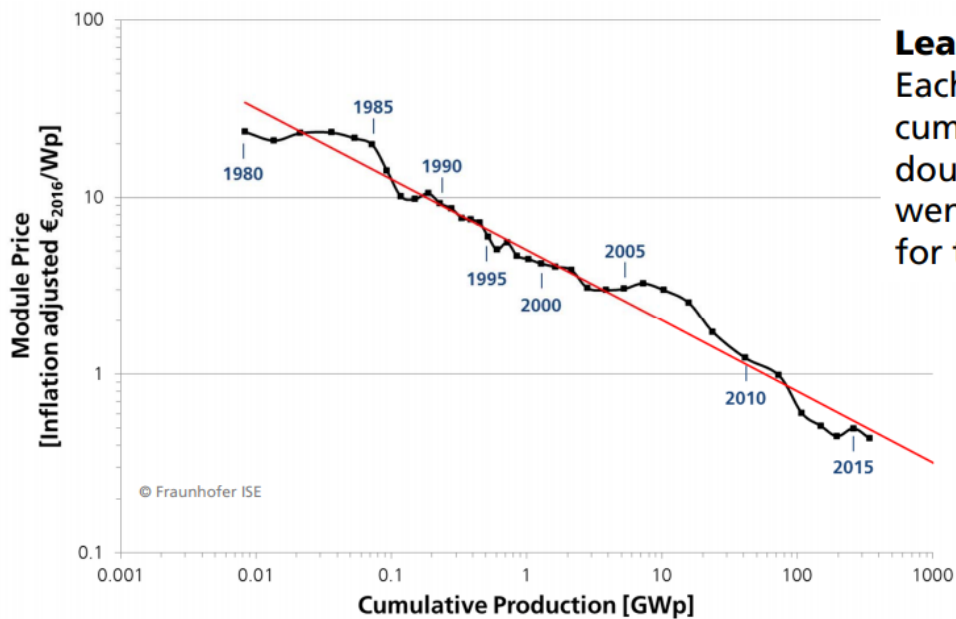
- Investointihinta €/W_p
- Sähkön hinta ja hintakehitys
- Huoltokustannukset
- Investointituet
- Korkokanta
- Omakäyttöaste



Aurinkopaneelien hintakehitys

Price Learning Curve

Includes all Commercially Available PV Technologies



Learning Rate:

Each time the cumulative production doubled, the price went down by 24 % for the last 36 years.

Data: from 1980 to 2010 estimation from different sources : Strategies Unlimited, Navigant Consulting, EUPD, pvXchange; from 2011 to 2016: IHS. Graph: PSE AG 2017



Hintataso P-Karjala 2017

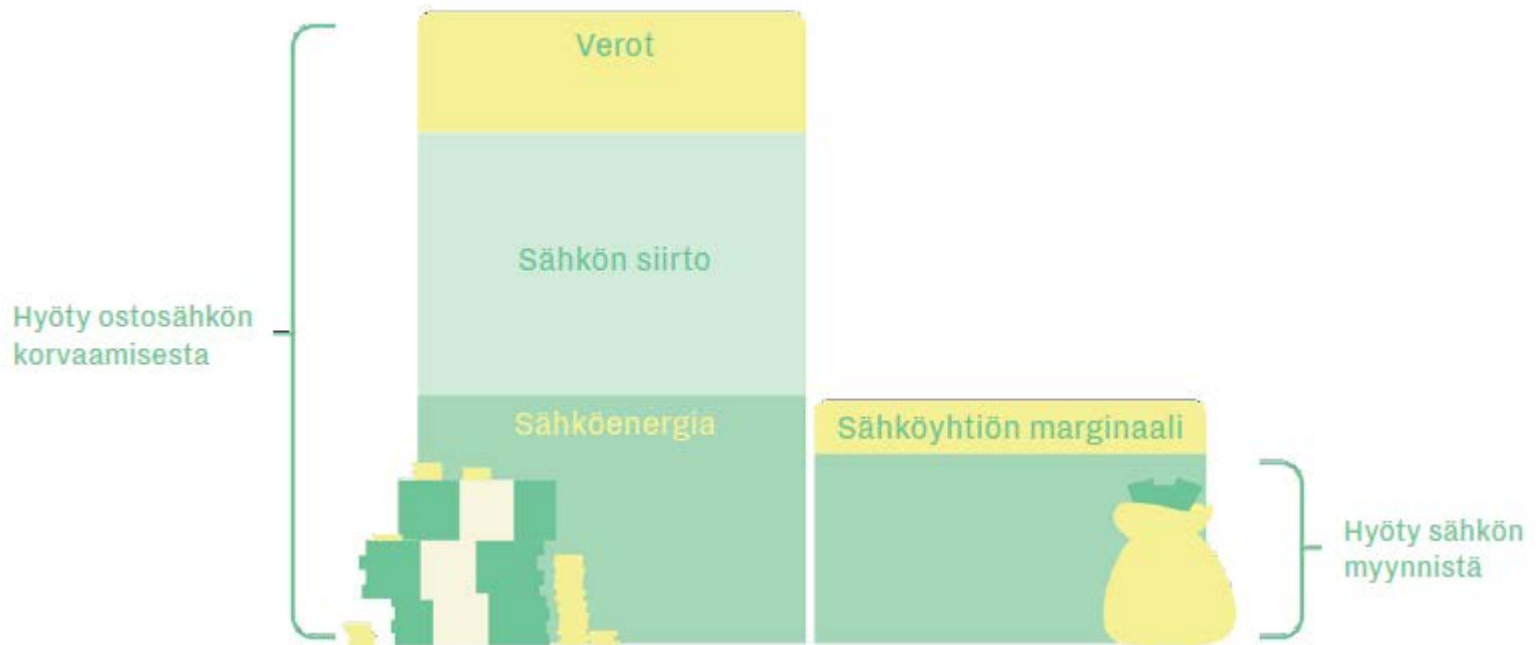
Järjestelmäkoko (kW _p)	Avaimet käteen hinta-arvio (€/kW _p , alv 0 %)
15	1 100 - 1 200
30	1 050 - 1 100
50	1 000 - 1 050

- LCOE tuotantohinta yleensä maatiloilla n. 3-5 snt/kWh
 - = Aurinkosähkön tuotantohinta järjestelmän elinkaaren kustannukset huomioituna



Sähkön hinta

- Investoinnin tuotto = ostosähkön korvaus (7-10 snt/kWh + ylijäämänsähkön myynti (3-5 snt/kWh)





Sähkön hinta

- Ainoastaan juoksevat kulut snt/kWh voidaan säästää
 - Varsinkin haja-asutusalueella kiinteät kulut suhteellisen suuria

YLEISSIIRTO Vuodenaika,				
Kuukausimaksu, 3 x 50A	01.06.2016-30.06.2016	1,00 kk	70,06 EUR/kk	70,06
Talviarkipäivä	01.06.2016-30.06.2016	0,00 kWh	5,59 snt/kWh	0,00
Muu aika	01.06.2016-30.06.2016	8678,00 kWh	1,71 snt/kWh	148,39
Energiavero, Energiavero 1 lk	01.06.2016-30.06.2016	8678,00 kWh	2,7937 snt/kWh	242,44
YLEISSIIRTO Vuodenaika yhteensä				460,89 EUR
SÄHKÖN SIIRTO YHTEENSÄ				460,89 EUR



Sähkön hinta

■ Itse kulutetun aurinkosähkö arvo

- Alv 0
- Kesähinnalle painotus
- Valmisteveron palautus 1,55 snt/kWh – verot = n. 1 snt/kWh

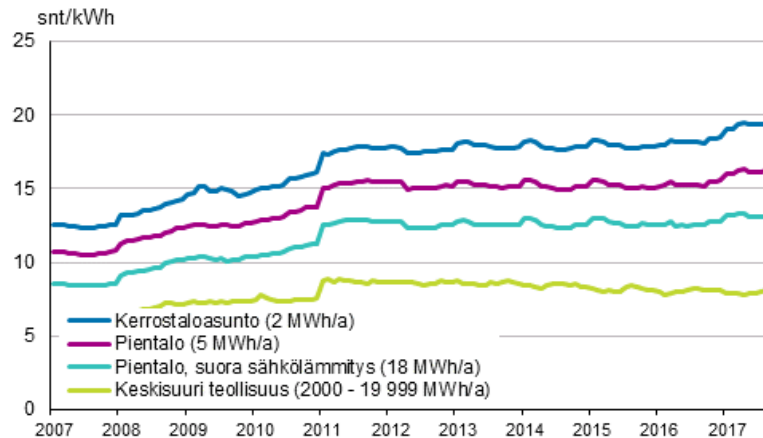
	Sähköenergia (snt/kWh)	Siirto (snt/kWh)	Sähkövero (snt/kWh)	Yhteensä (snt/kWh)	Aurinkosähkön tuotanto
Tammikuu	4,25	3,12	2,25	9,62	0 %
Helmikuu	4,26	3,14	2,25	9,65	0 %
Maaliskuu	4,26	3,16	2,25	9,68	7 %
Huhtikuu	3,72	1,38	2,25	7,35	14 %
Toukokuu	3,72	1,38	2,25	7,35	18 %
Kesäkuu	3,72	1,38	2,25	7,35	17 %
Heinäkuu	3,72	1,38	2,25	7,35	18 %
Elokuu	3,72	1,38	2,25	7,35	14 %
Syyskuu	3,72	1,38	2,25	7,35	9 %
Lokakuu	3,72	1,38	2,25	7,35	3 %
Marraskuu	4,27	3,18	2,25	9,70	1 %
Joulukuu	4,26	3,13	2,25	9,64	0 %



Sähkön hintakehitys

- Viimeiset 10 v hinta noussut muutaman prosentin vuodessa
- Tulevaisuuden kehitystä vaikea ennustaa
 - Yleinen arvio: 1-4 %/v
 - Nousevatko kiinteät vai juoksevat kulut?

Liitekuvio 5. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin



Hinnat sisältävät sähköenergian, siirtomaksun ja verot. Lähde: Energiavirasto, Tilastokeskus

Lähde: Tilastokeskus, Energian hinnat

Huolto

- Ei liikkuvia osia, vähän huoltotarpeita
- Invertterin vaihto 15-20 vuoden kohdalla
 - Hinta noin 10-15 % avaimet käteen investoinnista
- Tuotantolukemien seuranta
- Halutessaan lumia voi poistaa kevättalvella





Investointituet

- Tukitaso 40 % tällä hetkellä
- Tuki vähintään 7 000 €
 - Investointi vähintään 17 500 €
 - → n. 13-16 kW_p:n järjestelmä
- Enimmäisyksikkökustannus 1 300 €/kW (alv 0%)
- Tuotettu sähkö kulutettava tuotantotoiminnassa



Laskentakorko

- Laskentakorko asettaa tavoitteen sijoitetulle pääomalle
 - Vieraan pääoman hinta, oman pääoman tuottovaatimus, pääoman tuotto vaihtoehtoisessa kohteessa, riskitaso ym.
- Investoinnin riski suhteellisen pieni
- Korkotaso matala tällä hetkellä
- → korkokantana käytetään yleensä 1-4 %



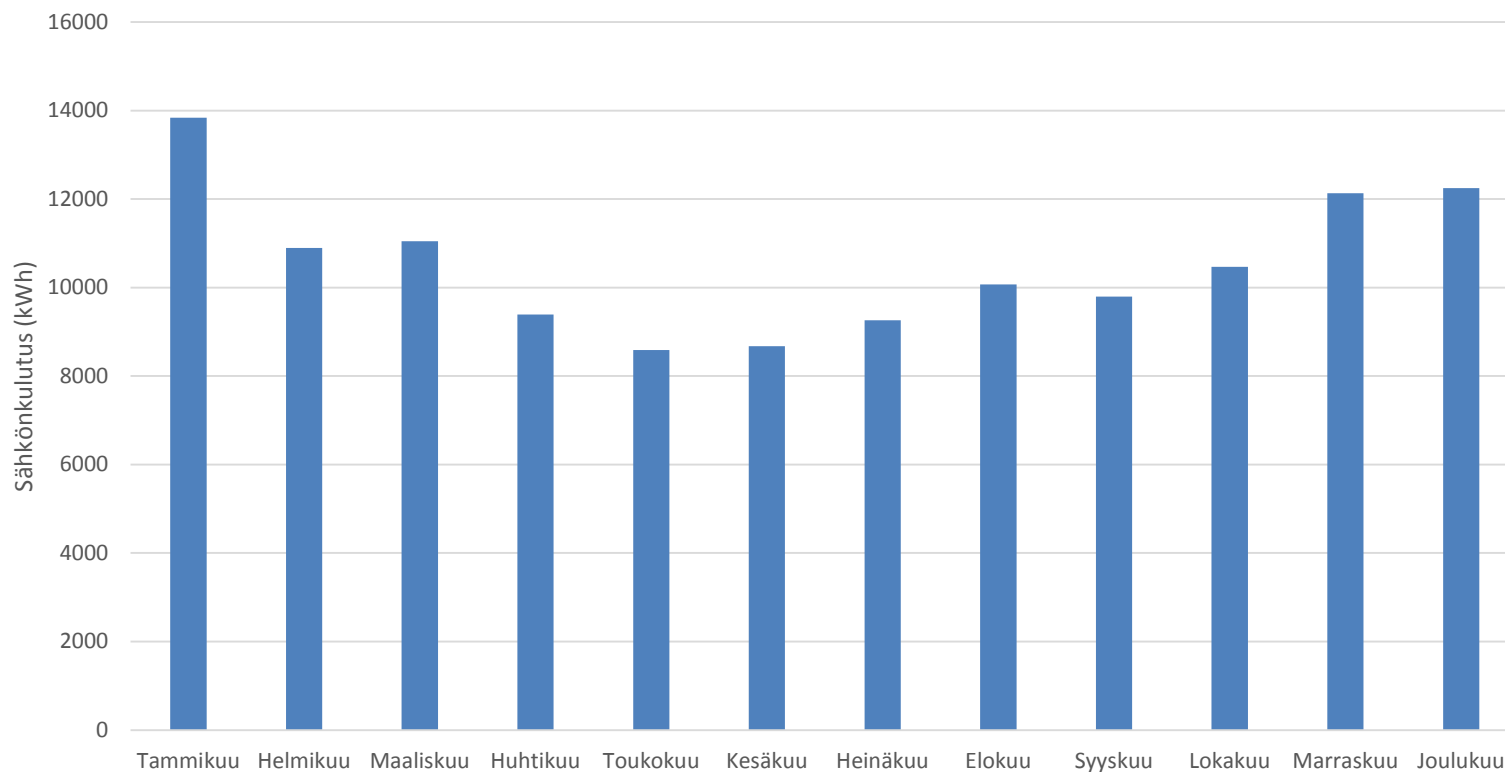
Laskentaesimerkki

- Lypsyrobotillinen maitotila
- Sijainti: Nurmes
- Sähkönkulutus n. 125 000 kWh/v
- Katon ilmansuunta etelään, kallistuskulma 27 astetta



Sähkönkulutus kuukausittain

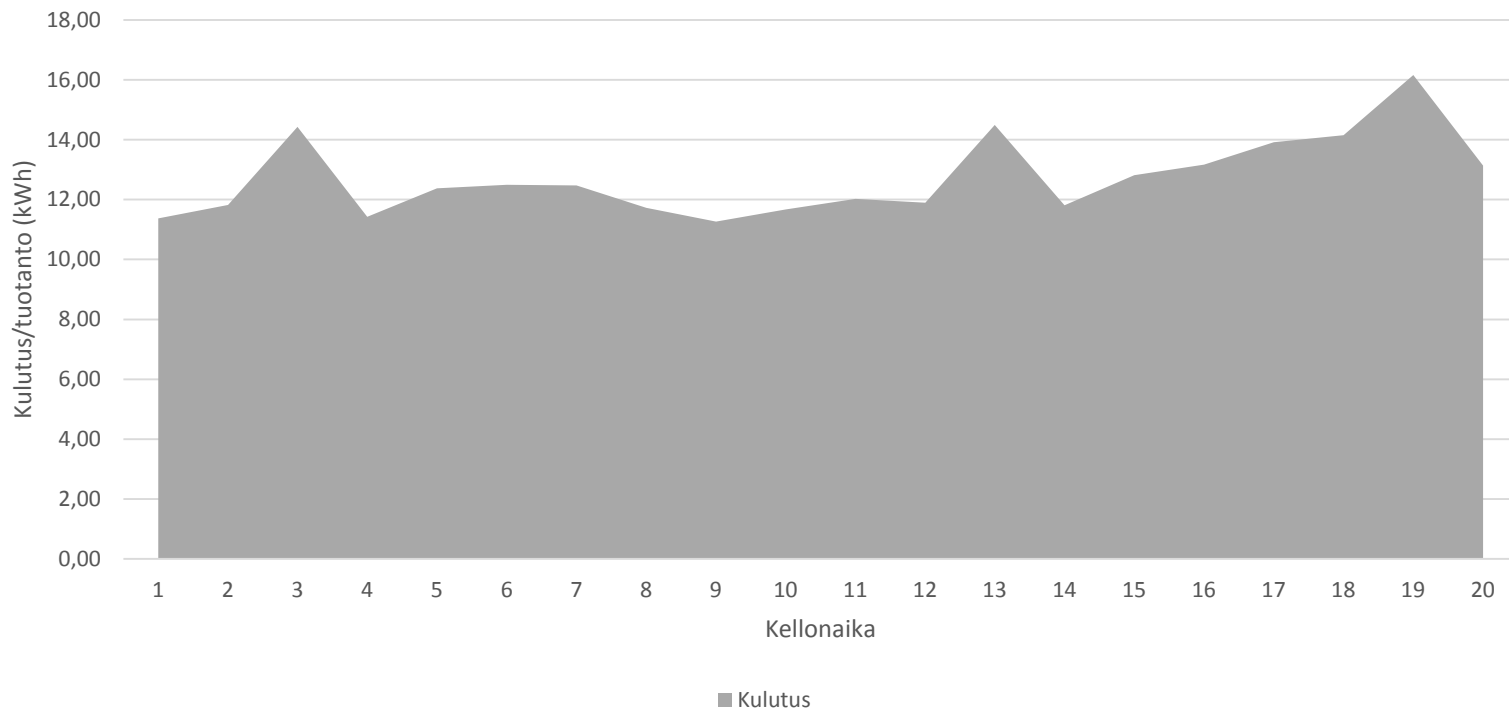
Sähkönkulutus kuukausittain





Tuntikohtainen kulutusprofiili

■ Sähkönkulutusprofiili huhti-elokuussa



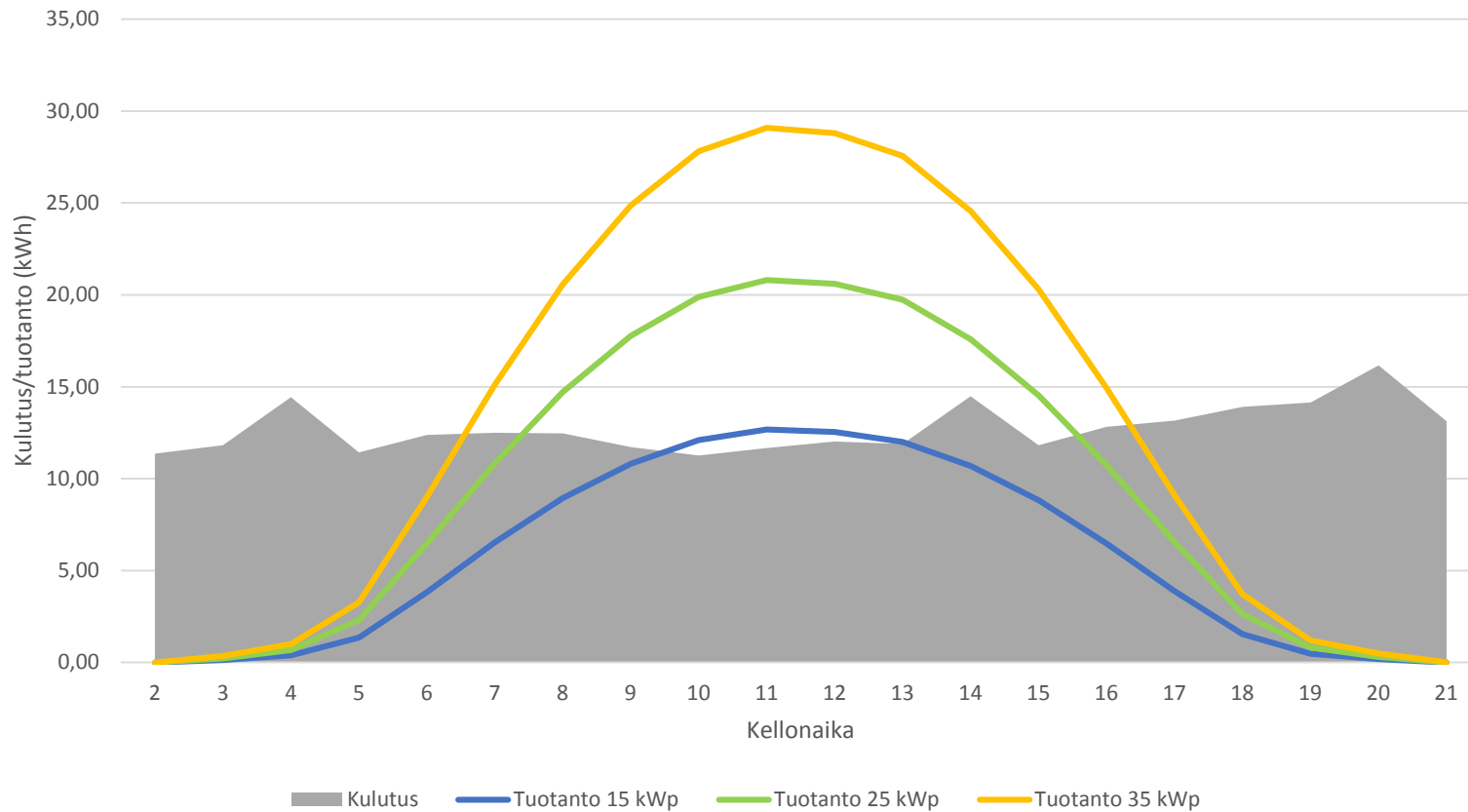


Mitoitus

- Valoisan ajan pohjakulutus n. 12 kW
 - Oletetaan että järjestelmän huipputeho 80 % nimellistehosta
 - Pohjakulutuksen mukainen mitoitus: $12 \text{ kW} / 0,8 = 15 \text{ kW}$
 - Omakulutusaste lähes 100 %
- Yksikkökustannukset laskevat tehon kasvaessa
 - → Pohjakulutuksen perusteella tehty mitoitus ei aina kannattavin
- Otetaan vertailuun 15 kW_p, 25 kW_p ja 35 kW_p



Järjestelmien huipputuotanto



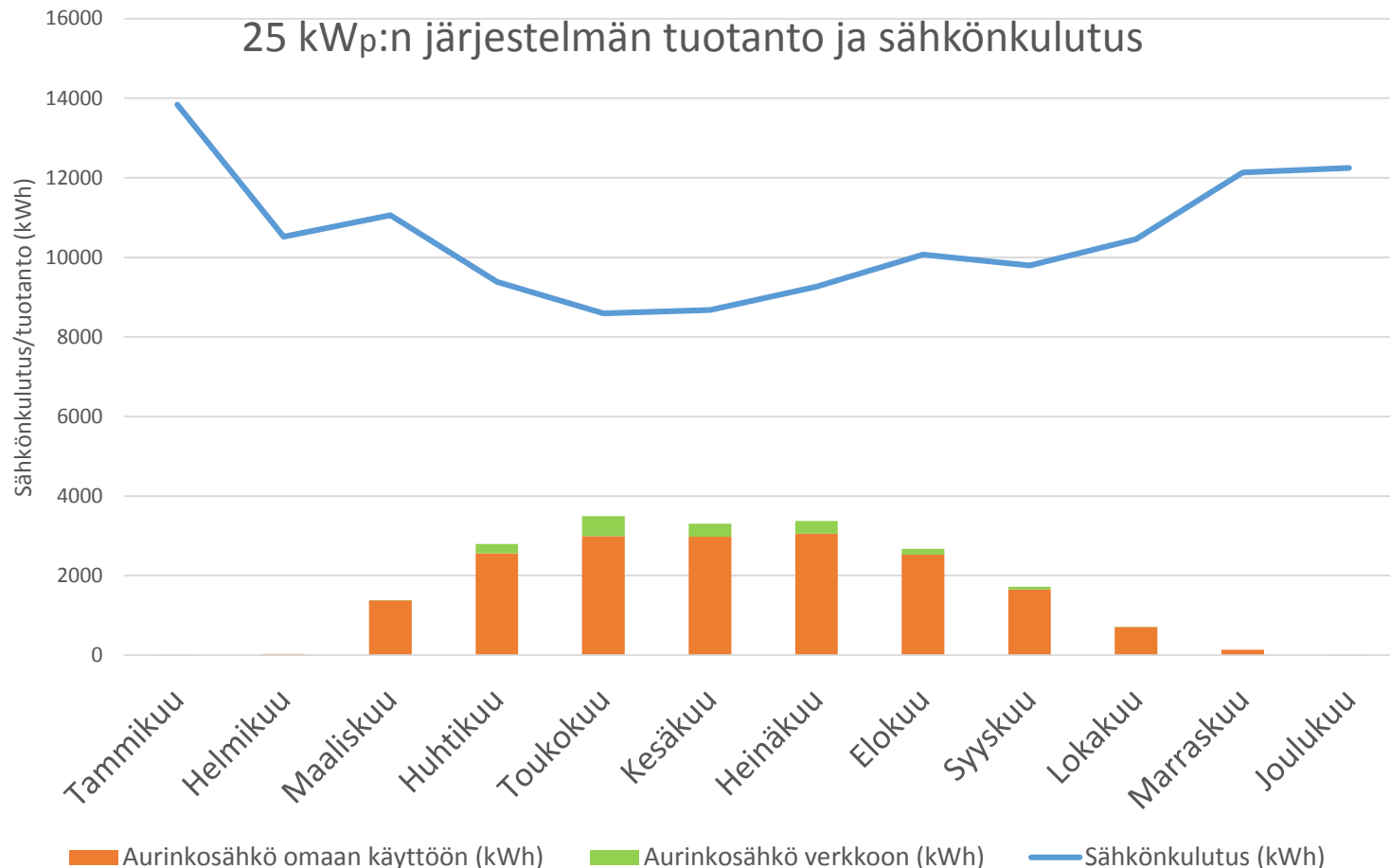


Järjestelmäkokojen vertailu

Nimellisteho (kW _p)	Paneelien pinta-ala (m ²)	Järjestelmän tuotanto (kWh/v)	Omakäyttö- aste (%)	Omavaraisuus (%)
15	95	12 298	99	10
25	156	20 505	90	15
35	220	28 137	79	18



25 kWp:n tuotanto kuukausittain





Kannattavuuslaskennan menetelmät

- Takaisinmaksuajan-, nykyarvon- ja sisäisen koron menetelmät sekä LCOE
 - TMA helposti ymmärrettävä mutta ei huomioi pitoaikaa eikä jäännösarvoa
 - Laiteriski ennen takaisinmaksuajan (yleensä 8-16 vuotta) umpeutumista on erittäin pieni ja ylläpito- ja huoltotarve on hyvin vähäinen
 - Nettonykyarvo = investoinnin diskontattujen kassavirtojen nykyarvo
 - Sisäinen korkokanta = tuottoaste sijoitetulle pääomalle
 - Levelized cost of energy = Aurinkosähkön tuotantohinta järjestelmän elinkaaren kustannukset huomioituna



Lähtöarvoja

- Aurinkosähköllä korvattavan ostosähkön hinta 6,9 snt/kWh (alv 0%)
 - Energia+siirto+verot
 - Kuukausittaisten hintojen painotettu keskiarvo
 - Valmisteveron palautus huomioitu
- Järjestelmien avaimet käteen yksikköhinnat
 - 15 kWp: kustannusarvio 1,10 €/Wp
 - 25 kWp: kustannusarvio 1,08 €/Wp
 - 35 kWp: kustannusarvio 1,07 €/Wp



Lähtöarvoja

- Aurinkopaneelien tuoton lasku 0,3 %/v
 - Perustuu Saksassa tehtyyn seurantaan
- Ylijäämäsähkön myyntihinta keskimäärin 4 snt/kWh
- Arvio ostosähkön hinnan noususta 3 %/v
- Laskentakorko 2 %
- Huoltokulut
 - Invertterin vaihto kerran käyttöiän aikana 10 % alkuinvestoinnista
 - Vuotuiset ylläpitokulut alkuinvestoinnista 0,1 %/v



Kannattavuuslaskennan tulokset

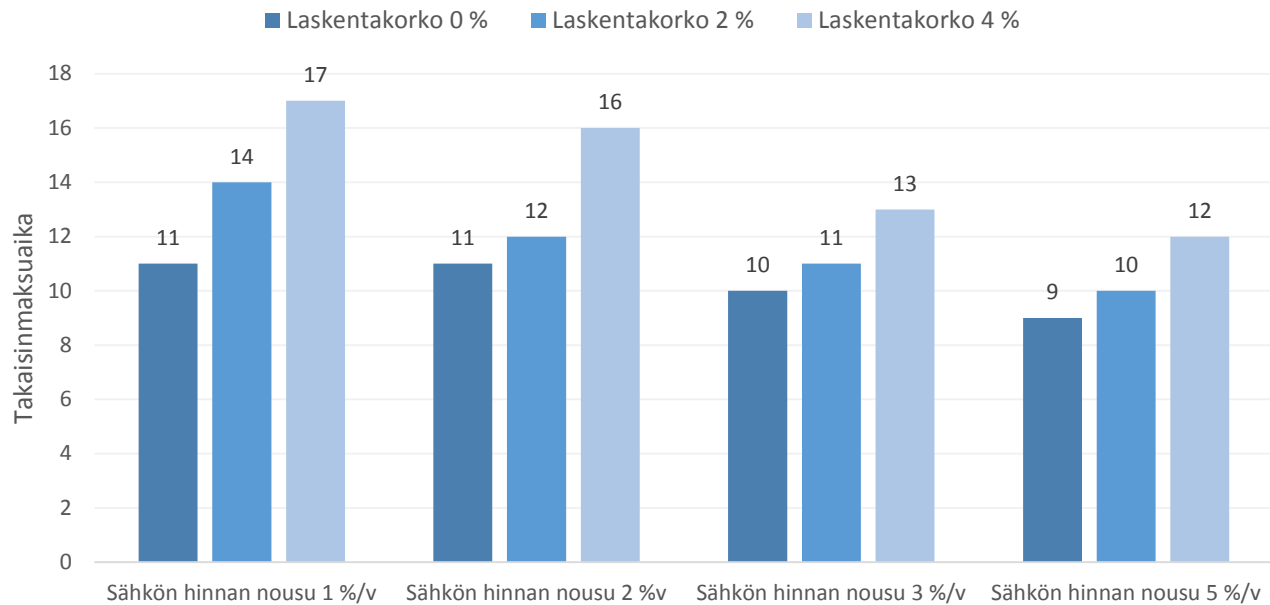
Järjestelmä	Kustannus-arvio (€, alv 0 %)	Sisäinen korkokanta (%)	Nettonyky-arvo (€)	Takaisinmaksu-aika (v)	LCOE* (snt/kWh)
15 kW _p , tuki 0 %	16 600	5,1	8 994	20	5,3
15 kW _p , tuki 40 %	9 960	9,6	15 650	11	3,4
25 kW _p , tuki 0 %	26 900	5,0	14 277	20	5,2
25 kW _p , tuki 40 %	16 140	9,5	25 062	11	3,3
35 kW _p , tuki 0 %	37 200	4,7	17 532	21	5,1
35 kW _p , tuki 40 %	22 320	9,1	32 447	12	3,2

- Investointituella suuri vaikutus kannattavuuteen
 - Ilman tukeakin LCOE < ostosähkön hinta
- Erot kannattavuudessa pieniä näissä kokoluokissa
 - 35 kW_p:n tuotto % ja tma hieman alhaisempi, nettonykyarvo suurempi
 - Pienempi omakäyttöaste



Herkkyystarkastelu 25 kWp

- Takaisinmaksuajat eri laskentakoroilla ja sähkön hinnan nousuennusteilla (tuki 40 %)



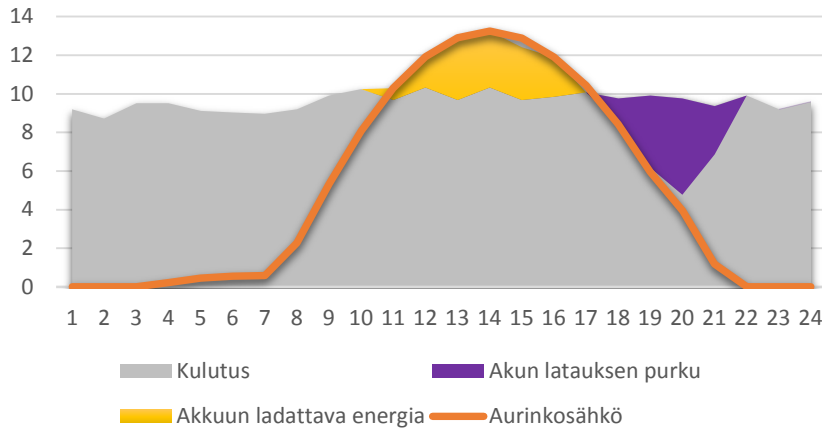


Hankinnan vaiheet

- **Mitoita ja suunnittele tarpeidesi mukaan.** Kartoita sähkönkulutuksesi ja arvioi tarpeisiisi sopivan järjestelmän kokoluokka. Tarkista myös, että kiinteistön sähköpääkeskuksessa on tarvittavat sulakepaikat vapaana. Pyydä tarvittaessa asiantuntija-apua mitoitukseen ja suunnitteluun.
- **Selvitä tukimahdollisuudet.** Tarkista täyttääkö hankinta maatalouden investointituen ehdot ja hae investointitukea paikalliselta ELY-keskukselta.
- **Selvitä rakennuslupien tarve.** Rakennuslupien tarve on hyvä kysyä kunnan rakennusvalvonnasta hyvissä ajoin ennen laitteiston hankintaa.
- **Ole yhteydessä sähkönjakeluverkon haltijaan.** Ennen tuotantolaitoksen sähköverkkoon liittämistä sähköntuottajan tulee tehdä paikallisen verkkoyhtiön kanssa asianmukaiset sopimukset tuotantolaitoksen liittamisestä ja käyttämisestä. Ylijäämäsiähkön myynnistä voit tehdä sopimuksen myös muun kuin paikallisen sähköyhtiön kanssa.
- **Kilpailuta hankinta ja valitse luotettava laitetoimittaja.** Sovi asentajan kanssa mitkä työvaiheet kuuluvat urakkaan ja missä aikataulussa edetään. Asennusliikkeeltä kannattaa pyytää pienurakkasopimus, jossa on maininta viivästymissanktiosta. Työn valmistuttua urakoitsijalta on saatava käyttöopastus ja käyttöönottopöytäkirja.

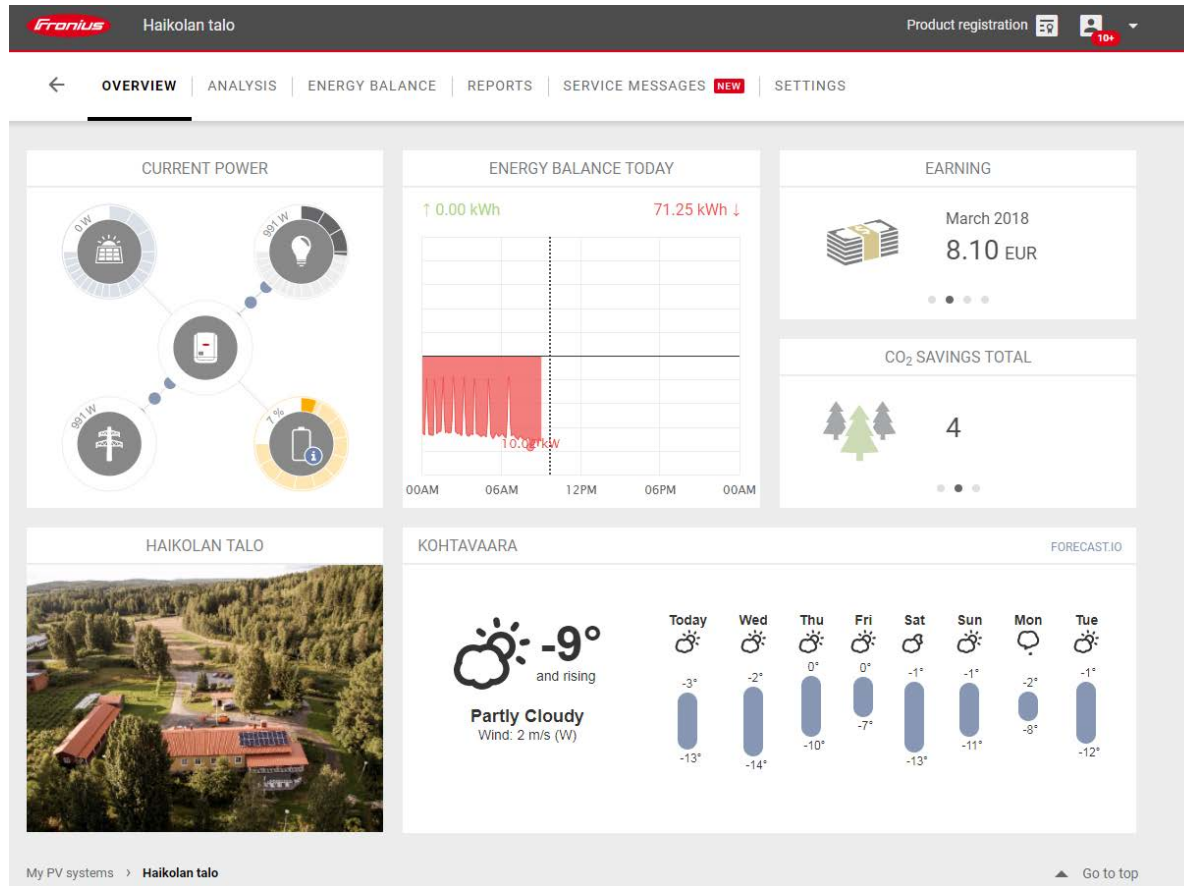
Aurinkosähkön varastointi

- Tällä hetkellä ei kannattavaa verkon piirissä
- Akkujen hintojen odotetaan laskevan
- Kasvattaa omakäyttöastetta ja mahdollistaa suuremman voimalan
 - → Suurempi energiaomavaraisuus
- Ensimmäisiä pilottikohteita asennettu





Tuotannon seuranta





PIKES

Pielisen Karjalan Kehittämiskeskus Oy PIKES

Poveria biomassasta -hanke

Alavan tilan aurinkovoimala

- Esittelyvideo: <https://www.youtube.com/watch?v=ZEGjfoDM0c&t=1s>





Lisätietoja

- [Aurinkosähkön kannattavuus maatilalla](#) –esimerkkitarkastelu (Poveria biomassasta)
- [Esittelyvideo](#) Alavan tilan aurinkovoimalasta
- Pohjoiskarjalaisia esimerkkikohteita: <http://www.karelia.fi/energiaraitti>
- <https://aurinkosahkoakotiin.fi/>
- <http://www.finsolar.net>
 - [Kannattavuuslaskurit](#)
- [PVGIS tuotantolaskuri](#)
 - Laskurin [käyttöohje](#)
- [Sun Energia](#): kattokohtainen aurinkosähkön tuotanto- ja kannattavuuslaskuri



PIKES

Pielisen Karjalan Kehittämiskeskus Oy PIKES

Poveria biomassasta -hanke

Kiitos! Kysymyksiä?

