



# Aurinkosähkö Oulussa

## SUUNNITTELUOHJE 2014

Aurinkopaneelilla voidaan tuottaa Oulussa n. 115 kWh/paneeli-m<sup>2</sup>a sähköä, kun paneelin kallistus ja suuntaus ovat optimaaliset. Tässä tuottoarviossa on huomioitu invertterin hyötysuhde, paneelin lumipeite 4 kk ajan, paneelin likaantuminen ja piikidekennon tuoton vähittäinen heikkeneminen käyttöiän myötä. Ilman lumipeitettä laskennallinen tuotto Oulussa on optimisuuntauksella yli 140 kWh/paneeli-m<sup>2</sup>a.

Aurinkosähköjärjestelmät soveltuvat hyvin rakennuksiin, joissa on päivittäistä sähkönkulutusta maalisi- ja lokakuun välisenä aikana, ja sähkönkulutus painottuu valoisaan vuorokaudenaikaan. Esimerkiksi koulun ja päiväkodin kesä- ja viikonloppukäyttö vaikuttaa olennaisesti siihen, onko rakennuksessa käyttöä aurinkosähkölle.

Kun tavoitellaan suurinta vuotuista sähköntuottoa Oulun seudulla, aurinkopaneelit suunnataan kaakkoon, etelään tai lounaaseen ja ne asennetaan 18°–45°:n kallistuskulmaan. Kun huomioidaan lumipeite (jouluukuusta maaliskuuhun), optimaalinen kallistuskulma on n. 40°.

Mitä pohjoisempaan rakennetaan, sitä varteenotettavampi vaihtoehto on paneelien sijoittaminen pystysuuntaisesti. Eteläjulkisivuun pystysuuntaisesti asennettujen paneelien vuotuinen sähköntuotto jää Oulussa vain n. 5 % huonommaksi kuin optimikallistuskulmalla, kun huomioidaan kallistettujen paneelien lumipeite talvikuukausina. Pystysuuntaisesti asennettujen paneelien sähköntuotto jakautuu tasaisemmin eri vuodenaajoille.

### Aurinkoenergian soveltuvuus eri rakennustyyppeihin.

	OMAKOTITALO	RIVITALO	ASUINKERROSTALO	TOIMISTO	LIIKETILA, KAUPPA	KOULU *	PÄIVÄKOTI	JÄÄHALLI	UIMAHALLI
PASSIIVINEN	x	x	x				x		
AURINKOSÄHKÖ	x	x	x	x	x			x	x
AURINKOLÄMPÖ	x	x	x						x

\* pelkkä koulu ilman muita toimintoja

#### Aurinkoenergian aktiivinen hyödyntäminen

*Aurinkokeräimillä* tuotetaan lämpöä käyttöveden ja/tai kosteiden tilojen lämmitystä varten. Lämpöä varastoidaan yleensä vesivaraajaan.

*Aurinkopaneelilla* tuotetaan sähköä. Koska verkkoon syötettävästä sähköstä ei yleensä saa hyvää korvausta ja akut ovat kalliita, aurinkosähkö kannattaa pyrkiä ensisijaisesti käyttämään samassa rakennuksessa, jossa se tuotetaan.

#### Aurinkoenergian passiivinen hyödyntäminen

Auringon säteilyä ohjataan ikkunoiden kautta sisätiloihin pienentämään tilojen lämmitysenergiatarvetta.

## Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

**Aurinkosähköjärjestelmän tuotto kannattaa pyrkiä käyttämään rakennuksessa,** koska

- rakennuksesta sähköverkkoon myydystä sähköstä ei saa Suomessa kannattavaa korvausta
- verkkoon myyty sähkö ei pienennä rakennuksen E-lukua
- verkkoon myydyn aurinkosähkön ei lasketa pienentävän rakennuksen energiankäytön hiilijalanjälkeä.

Tulevaisuudessa älykkäät sähköverkot, sähkön hinnoittelu, sähköautojen yleistyminen tai energiatukipolitiikka voivat muuttaa tilannetta, ja aurinkosähkön myyminen verkkoon voi muodostua nykyistä kannattavammaksi. Laajemmillekin aurinkosähköjärjestelmille tehtävät varaukset voivat siksi osoittautua järkeviksi.

**Pohjoisessa sähkönkulutus ja aurinkosähkön tuotto tapahtuvat suurelta osin eriaikaisesti.** Tuoton ja kulutuksen ajallista vastaavuutta voidaan parantaa

- paneelien suuntauksella
- kulutuksen ohjauksella
- akuilla.

**Aurinkosähköä hyödyntävän rakennuksen sähköjärjestelmä suunnitellaan kokonaisuutena.** Erittäin pienen aurinkojärjestelmän tuotto kannattaa kohdistaa yhteen vaiheeseen, jolloin järjestelmän huipputehoja verrataan yhden vaiheen sähkönkulutukseen. Aurinkosähköjärjestelmän kanssa samaan vaiheeseen kohdistetaan mahdollisuuksien mukaan

- kevätpäiviin ja kesäpäiviin ajoittuva kulutus (esimerkiksi viilennys)
- jatkuvasti päällä olevat laitteet (esimerkiksi kylmälaitteet, pumput, ilmanvaihtokone).
- ajastettavissa olevat laitteet
- ladattavalla akulla varustetut laitteet.

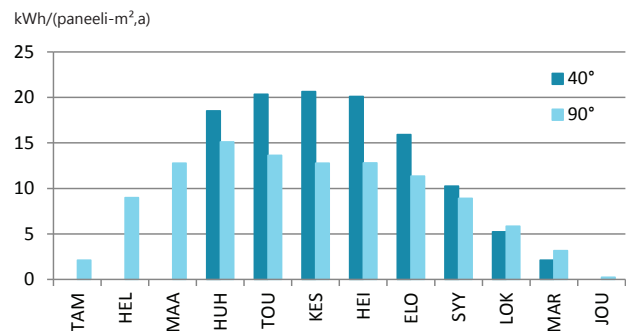
Suurempi aurinkosähköjärjestelmä (yli 2,5 kW) varustetaan kolmivaiheinvertterillä, jolloin tuotto jaetaan tasaisesti kolmelle vaiheelle. Järjestelmän huipputuottoa verrataan koko rakennuksen sähkönkulutukseen.

**A) Aurinkosähköjärjestelmä voidaan mitoittaa rakennuksen kesäaikaisen pohjatehon mukaan,** kun sähköntuotto halutaan käyttää kokonaisuudessaan rakennuksessa. Pohjateholla tarkoitetaan rakennuksen sähkönkulutustehoa sen ollessa tyhjillään.

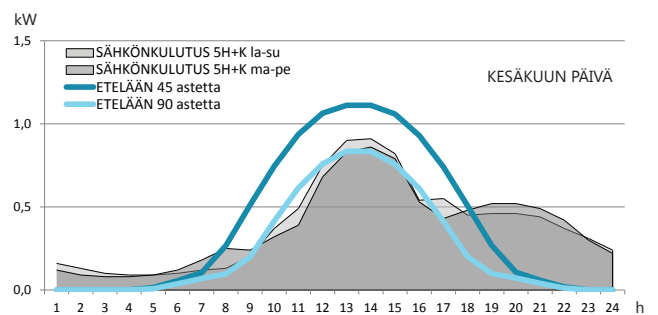
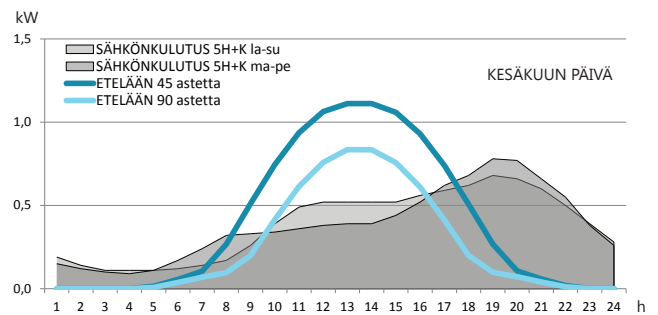
**B) Aurinkosähköjärjestelmä voidaan mitoittaa päivittäisen käyttöprofiilin mukaan,** jolloin aurinkosähkön tuotto ei tavanomaisen käytön puitteissa ylitä rakennuksen sähköenergiankulutusta.

KALLISTUS- KULMA (°)	SUUNTAKULMA				
	itään	kaakkoon	etelään	lounaaseen	länteen
10	94	101	103	101	94
18	94	105	109	105	94
30	94	109	114	109	93
40	93	110	115	110	92
45	92	110	115	110	91
90	77	101	109	100	77

*Kuva 1: Yhden aurinkopaneelineliömetrin vuosittainen sähköntuotto (kWh/(m<sup>2</sup>a) eri suuntakulmilla ja kallistus-kulmilla.*



*Kuva 2: Yhden aurinkopaneelineliömetrin kuukausittainen sähköntuotto optimisuuntauksella (40° etelään) ja pystysuuntaisesti asennettuna (90° etelään).*



*Aurinkosähköjärjestelmän (12,8 m<sup>2</sup>) tuoton ja sähkönkulutuksen kohtaaminen keskimääräisenä kesäkuun päivänä. Kuva 3: tyypillinen omakotitalon käyttöprofiili (5H+K+S, lähde Optiplan/Finvac 2013). Kuva 4: kulutuksen ohjauksen vaikutus (uunin, astianpesukoneen, pyykinpesukoneen käyttö ja kannettavan tietokoneen lataus klo 10-18). Käyttöturvallisuuden vuoksi kodinkoneita ei saa jättää käyntiin valvomatta.*

## Ympäristön varjostus

Pohjoisessa auringon säteily tulee matalammassa kulmassa kuin etelässä. Rakennusta ympäröivien varjostavien tekijöiden (ympäröivän puuston ja rakennusten) vaikutus korostuu, koska ne leikkaavat auringon säteilyä juuri silloin kun sitä eniten tarvittaisiin.

Ympäristön varjostus leikkaa matalalta paistavan auringon säteilyä vähentäen erityisesti talvikuukausien sähköntuottoa, joka kallistettujen paneelien osalta lasketaan joka tapauksessa nollassi lumipeitteen vuoksi. Ympäristön varjostus näkyy tämän vuoksi enemmän pystysuuntaisesti asennetun paneelin tuotossa.

Yksittäisten varjostavien puiden tai rakennusten vaikutus tuottoon on yleensä vähäinen. Sen sijaan muurimainen metsän reuna tai yhtenäinen rakennusrivistö vaikuttavat olennaisesti aurinkosähkön tuottoon. Vaikutusta aurinkosähköjärjestelmän tuottoon arvioidaan varjostuskulman perusteella. Vähimmäisetäisyyden aurinkopaneelista metsän reunaan voi laskea alla olevasta kaavasta.

Rakennuksen vähimmäisetäisyys metsän reunasta voidaan määrittellä seuraavalla kaavalla:

$$x = (20 - h) \cdot a$$

jossa

**x** = paneelin etäisyys metsän reunasta

**h** = paneelin alareunan korkeus maasta

**a** = kerroin, joka valitaan taulukosta sen perusteella miten hyvää tuottoa tavoitellaan

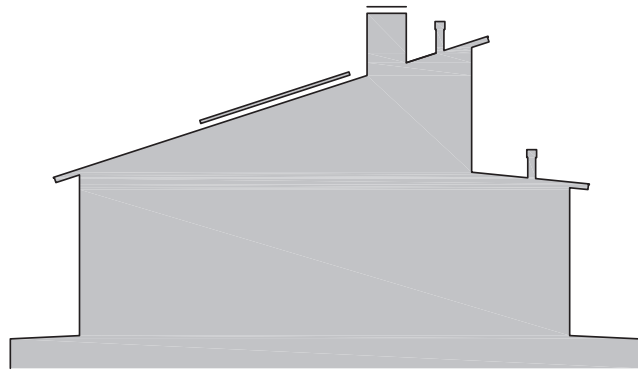
### kattoasennetut paneelit, kallistuskulma 18° - 45°

tavoite	ympäristön varjostus	a
erittäin hyvä tuotto (-5 %)	7°	8
hyvä tuotto (-10 %)	13°	4

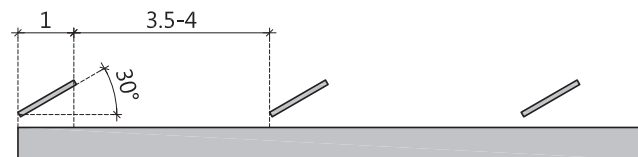
### seinäasennetut paneelit, kallistuskulma 90°

tavoite	ympäristön varjostus	a
erittäin hyvä tuotto (-5%)	3°	19
hyvä tuotto (-10%)	7°	8

Suluissa oleva prosenttiluku esittää ympäristön varjostavan vaikutuksen aurinkosähköjärjestelmän vuotuiseseen sähköntuottoon. Metsän korkeudeksi oletetaan 20 m kasvuvaiheesta riippumatta.

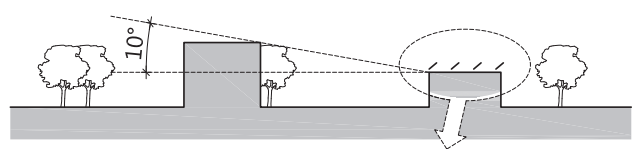


Kuva 5: Kun aurinkopaneelit asennetaan katolle, kaikki läpiviennit on keskitettävä aurinkosähköjärjestelmän varjopuolelle. Aurinkopaneelit kannattaa puhdistaa lumesta maaliskuun alussa.

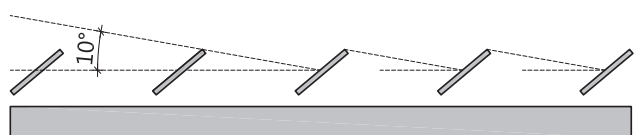


Kuva 6: Tasakattoasennus suuntaa-antavan mitoitusohjeen perusteella. Mitä suurempi on paneelirivien keskinäinen etäisyys, sitä vähemmän paneelit varjostavat toisiaan.

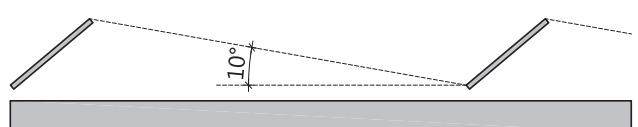
### YMPÄRISTÖN VARJOSTUS



### VAAKASUUNTAINEN PANEELI: MITOITUS KESKILINJASTA



### PYSTYSUUNTAINEN PANEELI: MITOITUS ALAREUNASTA



Kuva 7: Tasakattoasennus ympäristön varjostuksen perusteella. Paneelien keskinäinen varjostus ei heikennä sähköntuottoa, mutta paneelirivien välit muodostuvat suuriksi, jolloin katolle mahtuu vain vähän paneelipinta-alaa.

## Aurinkosähkön kannattavuus

Nykyisillä aurinkosähköjärjestelmien hinnoilla yhden aurinkopaneelilla tuotetun kilowattitunnin hinta muodostuu parhaimmillaan verkkosähkön hintaa edullisemmaksi, kun sähkö tuotetaan rakennuksen omaan käyttöön. Maksimituottoa heikentävät tekijät, kuten ympäristön varjostus tai epäedullinen suuntaus ovat kriittisiä tekijöitä. Pienessä järjestelmässä invertterin osuus investointikustannuksista muodostuu suhteettoman suureksi.

Verkkoon syötettävästä sähköstä maksettava korvaus on tyypillisesti niin pieni, että aurinkosähköinvestointi ei ole kannattava, jos tuottoa ei voida kokonaan käyttää rakennuksessa.

Aurinkosähköinvestointia perustellaan lisäksi ympäristönäkökohdilla sekä sillä, että aurinkosähköjärjestelmä tuottaa vakiohintaista sähköä koko elinkaarensa ajan ilman mainttavaa huoltotarvetta.

## Vaikutus E-lukuun

E-luvun laskemista varten aurinkosähköjärjestelmän tuotto voidaan laskea RakMK D5:n esittämällä yksinkertaistetulla laskentamallilla, jonka mukaan optimaalisesti suunnatun aurinkosähköpaneelin tuotto Oulussa on 154 kWh/paneeli-m<sup>2</sup>a parhaalla piipohjaiseen kennoon perustuvalla tekniikalla. Lisäksi on huomioitava ympäristön varjostus. Rakentamismääräykset eivät vaadi lumipeitteen huomiointia laskelmissa.

E-lukuun voidaan laskea mukaan vain rakennuksessa käytetty osuus aurinkosähköjärjestelmän tuotosta. Tämän osuuden laskemista rakentamismääräyksissä ei kuitenkaan ohjeisteta. E-luvun määrittelyä varten tulos kerrotaan sähkön kertoimella 1.7.

Keskikokoisessa, Ouluun rakennettavassa pientalossa optimaalisesti suunnattu yksi aurinkopaneelineliometri pienentää rakennuksen E-lukua noin 1.5–2 kWh/m<sup>2</sup>a, kun ympäristö ei varjosta aurinkosähköjärjestelmää. Rakennuksessa hyödynnettävissä oleva osuus on kuitenkin yleensä niin pieni, että E-lukuun ei voida merkittävästi vaikuttaa aurinkopaneeleilla.

## Ympäristövaikutukset

Rakennuksen omaan käyttöönsä tuottama aurinkosähkö korvaa ostettavaa sähköenergiaa ja sitä kautta pienentää energiankäytön hiilijalanjälkeä. Aurinkosähköjärjestelmän tuotto kompensoi paneelin valmistuksen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt alle viidessä vuodessa, kun

- aurinkopaneelin hiilijalanjäljeksi oletetaan 141 kgCO<sub>2</sub>e/paneeli-m<sup>2</sup> (Ruuska & Häkkinen 2013, 54)
- verkkosähkön päästökertoimeksi oletetaan 273 kgCO<sub>2</sub>e/MWh (Rakennusten elinkaarimittarit 2013)
- aurinkopaneelineliömetrin tuotoksi oletetaan 115 kWh/a
- koko sähköntuotto käytetään rakennuksessa.

Aurinkopaneelin käyttöä arvioidaan yleisesti 25–30 vuotta.

ARKKITEHTUURITOIMISTO  
KIMMO LYLKANGAS OY

# OULU

## Rakennusvalvonta

käyntiosoite  
puhelin (asiakaspalvelu)  
sähköposti  
kotisivut

Solistinkatu 2, 90140 Oulu  
08 558 42718, 08 558 42717  
rakennusvalvonta@ouka.fi  
www.ouka.fi/rakennusvalvonta