

Paavo Pekkala

## **AURINKOENERGIAN KANSALLISEN TILAN SELVITYS SUOMESSA**

Arctic Sun -hanke

# **AURINKOENERGIAN KANSALLISEN TILAN SELVITYS SUOMESSA**

Arctic Sun -hanke

Paavo Pekkala  
Opinnäytetyö  
Syksy 2022  
Energiatekniikka  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Energiatekniikka

---

Tekijä(t): Paavo Pekkala

Opinnäytetyön nimi: Aurinkoenergian kansallisen tilan selvitys Suomessa

Työn ohjaaja(t): Timo Kiviahde

Työn valmistuslukukausi ja -vuosi: Syksy 2022

Sivumäärä: 37

---

Opinnäytetyön tarkoitus oli tuoda Arctic Sun-hankkeeseen kansallinen selvitys aurinkovoiman tilasta Suomessa. Tavoitteina oli tutkia sekä vertailla erilaisia keräimiä sekä kennojärjestelmiä keskenään ja niiden kohtaamia haasteita arktisessa ympäristössä. Opinnäytetyössä myös perehdyttiin aurinkovoiman vallitsevaan markkinatilanteeseen kuluttajan näkökulmasta sekä aiheeseen liittyvään korkeakouluopetukseen Suomessa.

Työssä tutkittiin erilaisten aurinkokennoteknologioiden tulevaisuudennäkymiä, esimerkiksi kolmannen sukupolven kennoja sekä väriaineherkistettyjä ja orgaanisia kennoja. Lisäksi esiteltiin teknologian jo nyt kohtaamia haasteita sekä ominaisuuksia, jotka tulevaisuudessa tulevat olemaan hyvin tärkeitä. Työssä tutustuttiin myös Suomessa käynnissä sekä valmisteilla oleviin aurinkovoimalaitos hankkeisiin ja niiden tulevaisuudennäkymiin esimerkiksi nykyisessä turvallisuuspoliittisessa tilanteessa.

Aurinkosähköinvestoinnit lisääntyvät Suomessa. Niitä tekevät niin kuluttajat kuin kunnat ja yrityksetkin. Samalla kun aurinkosähkön imagoarvo kasvaa, ilmestyy uusia liiketoimintamalleja sekä teknisiä ratkaisuja jatkuvasti.

Aiheeseen liittyvä opetustarjonta kasvaa suomalaisissa korkeakouluissa ja yliopistot ovat panostaneet alan teknologiseen kehitykseen. Erilaiset oppilaitosten sekä yritysten väliset projektit sekä henkilöstön lisäkurssit kohentavat toimialaa Suomessa entisestään.

---

Asiasanat: aurinkoenergia, aurinkovoimalaitos, aurinkokenno, aurinkokeräimet, säteily, arktinen alue, Suomi.

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Energiatekniikka

---

Author(s): Paavo Pekkala

Title of thesis: Study on the current state of solar energy in Finland

Supervisor(s): Timo Kiviahde

Term and year when the thesis was submitted: Autumn 2022

Number of pages: 37

---

The purpose of this thesis was to make a thorough study about the current situation of solar power in Finland. The subjects of this study about solar power ranged from going through the basic photovoltaic technologies to studying the current market situation in Finland.

Material of this thesis was mostly collected from the internet, ranging from case-oriented studies to websites of different Finnish energy companies. The amount of material was very vast and needed to be filtered and checked a lot. This vast amount or the lack of it was also the main challenge in making of this thesis, for example there was a huge lack of information regarding the beginnings of teaching about solar power in Finnish higher education.

In this thesis the solar power field of Finland is thoroughly studied and it's past and current situation is used for trying to predict how the future folds out.

---

Keywords: Solar energy, market situation, Finland, arctic area, ecoenergy

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	AURINKOVOIMALAT JA KÄYTTÖMÄÄRÄT SUOMESSA.....	7
2.1	Aurinkopaneeli.....	8
2.2	Aurinkokeräin .....	10
2.3	Tasokeräin.....	10
2.4	Tyhjiöputkikeräin .....	11
2.5	Keskittävä keräin ja Gemasolar-voimalaitos.....	12
2.6	Suomalaiset aurinkovoimalat.....	14
2.7	Suomi aurinkoenergian tuottajana Euroopassa .....	15
3	AURINKOENERGIAAN LIITTYVÄ OPETUS SUOMESSA.....	17
3.1	Suomalaiset ammattikorkeakoulut.....	17
3.2	Suomalaiset yliopistot.....	18
3.3	Aurinko- ja tuulivoiman koulutus- ja tutkimuskeskittymä (XAMK) .....	19
3.4	Aurinkovoimaan liittyvät hankkeet Oulun alueella .....	20
4	MARKKINATILANNE .....	21
4.1	Aurinkosähköjärjestelmän hankintatuet yksityishenkilölle.....	22
4.2	Kuluttajan ylimääräinen aurinkosähköntuotanto .....	23
4.3	Aurinkosähkön varastointi sekä virtuaaliakku .....	25
4.4	Pohjoisten olojen aurinkovoimalle tuomat haasteet.....	26
4.5	Laitteisto Suomessa .....	27
5	AURINKOENERGIAN TEKNOLOGIAKEHITYS JA TULEVAISUUS .....	29
5.1	Kolmannen sukupolven aurinkokennot.....	30
5.2	Väriaineherkistetty aurinkokenno .....	30
5.3	Orgaaninen aurinkokenno .....	31
6	YHTEENVETO .....	32
	LÄHTEET.....	33

# 1 JOHDANTO

Aurinkoenergia on uusiutuva energiantuotannon muoto, jolla on valtava potentiaali ja todennäköisesti merkittävä rooli tulevaisuuden päästöttömissä yhteiskunnissa. Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan pohjoisessa vallitsevien olosuhteiden vaikutuksia aurinkoenergian hyödynnettävyyteen ja käyttöön haasteineen ja tekijöineen, työssä perehdytään myös aurinkoenergian käyttöön kyseisen alueen maissa kuten Suomi. Lisäksi tarkastellaan myös aurinkoenergiaan liittyvää opetusta suomalaisissa korkeakouluissa, aurinkoenergian markkinatilannetta sekä sen käytön kehitystä ja tulevaisuuden näkymiä Suomessa.

Opinnäytetyö tehdään osana Arctic Sun -hanketta, jossa mukana partnereina Oulun ammattikorkeakoulun (OAMK) lisäksi ovat SINTEF (Norja), RISE (Ruotsi) ja Narfu (Venäjä). Arctic Sun -hankkeen tarkoituksena on pyrkiä edistämään aurinkoenergiaan liittyvää yhteistyötä ja aurinkoenergian potentiaalin hyödyntämistä pohjoisen olosuhteissa.

## 2 AURINKOVOIMALAT JA KÄYTTÖMÄÄRÄT SUOMESSA

Aurinkoenergian osuus Suomessa käytetystä energiasta on vielä hyvin matala, noin 0,2 prosenttia sähköstä ja 0,5 promillea koko energiantuotannosta. Tilastojen mukaan aurinkoenergian käyttö kuitenkin kasvaa merkittävästi Suomessa joka vuosi, mihin ovat vaikuttaneet suuresti aurinkovoimaloissa käytettävien laitteiden eli akkujen sekä paneelien hyötysuhteiden moninkertaistuminen ja hintojen laskeminen.

Suomessa on aurinkovoiman käytön kehitystä hidastanut auringonvalon puute talven aikana, mutta puutetta kompensoi kesän aikana vuorokauden pitkä valoisa aika. Teknologian kehittyessä myös aurinkovoimaloiden hyötysuhde kasvaa. Suomessa vallitseva kylmä ympäristö parantaa aurinkokennojen hyötysuhdetta, eli aurinkopaneelit toimivat sitä paremmin mitä kylmempää on.

Suurin osa suomalaisista aurinkovoimaloista on sijoitettuna julkisten, kaupallisten sekä yksityisten rakennusten katolle. Suomen aurinkoenergiantuotannossa omaperäinen piirre on pienet sähköverkon ulkopuoliset voimalat. Suomessa on yli puoli miljoonaa kesämökkiä, ja melkein 60 000 niistä on sähköistetty aurinkoenergialla. (Kuva 1.)

			Installed PV capacity [MW]	Installed PV capacity [MW]	AC or DC
<b>Grid-connected</b>	BAPV	Residential	80,4	36,2	DC
		Commercial		24,1	DC
		Industrial		20,1	DC
	BIPV	Residential	0		DC
		Commercial			DC
		Industrial			DC
	Utility-scale	Ground-mounted	0		DC
		Floating			DC
		Agricultural			DC
<b>Off-grid</b>	Residential	0,3	0,3	DC	
	Other			DC	
	Hybrid systems			DC	
<b>Total</b>			80,7		DC

KUVA 1. Vuonna 2019 asennettu aurinkovoima (IEA 2019)

## 2.1 Aurinkopaneeli

Aurinkopaneeli eli aurinkokenno on laite, jolla auringon säteily muunnetaan sähköenergiaksi. Kennon toiminta perustuu kahteen pääperiaatteeseen: saapuva fotoni synnyttää absorboivaan puolijohteeseen varauksenkuljettajia, jotka kerätään kulutuslaitteeseen tai akkuihin. Aurinkosähköä voidaan tuottaa myös infrapunavalosta. Yleisimpiä aurinkokennojen materiaaleja ovat yksikiteinen pii, monikiteinen pii, galliumarsenidi ja amorfinen pii. (1.)

Yleensä aurinkokennot kytketään sarjaan tai asennetaan kehikkoon, kuten kuvassa 2 rakennuksen katolla näkyvä kennojen sarjakytkentä tai kuvassa 3 näkyvä kehikkoon asennettu järjestelmä. Tämä johtuu siitä, että yksittäinen aurinkokenno tuottaa suhteellisen pienen jännitteen. (1.)



KUVA 2. Tyypillinen katolle sijoitettava kennojen sarjakytkentä (40)

Piipohjaiset aurinkokennot perustuvat valosähköiseen ilmiöön, joka havaittiin jo 1830-luvulla. Ilmiö ymmärrettiin kuitenkin vasta 1880-luvulla, mutta klassinen fysiikka ei kuitenkaan kyennyt selittämään ilmiötä alkuunkaan. Jonkinlainen selitys ilmiölle saatiin vuonna 1905. Tuolloin Albert Einstein



löysi fotonit ja kvantit, jotka ovat pieniä energiapaketteja, joista valonsäde koostuu. Fotonin osuessa kappaleen pintaan, se absorboituu elektroniin, jolloin elektroni saa joko fotonin energian tai ei mitään.

Aurinkokenno on erittäin monipuolinen energian tuottamisen keino, sillä se voidaan asentaa melkein päin mihin vain, satelliiteista taskulaskimiin. Tällä hetkellä aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuaika Suomessa on arvioitu olevan noin 5–20 vuotta. Esimerkkinä mainittakoon omakotitalo, joka kuluttaa sähköä vuodessa noin 20 000 kilowattituntia. Tähän kohteeseen hankittava 16 paneelin aurinkovoimala asennuksineen maksaa noin 9000 euroa. Edellä mainitun järjestelmän takaisinmaksuaika on arviolta 9–12 vuotta.

Uusinta aurinkokennoteknologiaa edustaa Michael Grätzelin kehittämä kolmannen sukupolven väriherkistetty aurinkokenno. Kyseinen kenno käyttää toimintaperiaatetta, joka muistuttaa luonnon fotosynteesiä. Kenno voidaan asentaa pinnoittamalla, jolloin on mahdollista tuottaa suuria sarjoja edullisesti. Kennolla on saavutettu tähän mennessä 9–12 %:n hyötysuhdetta todellisissa käyttöolosuhteissa, joten mainittavaa eroa piikennoihin on, mutta Grätzelin kennon tulisi toimia tehokkaammin pilvisissä tai jopa sateisissa olosuhteissa. Se kestää myös lämpötilan nousuja huomattavasti paremmin kuin perinteiset piikennot. (1;3.)



*KUVA 3. Aurinkokennot kytkettynä jalalliseen kehikkoon (41)*

## 2.2 Aurinkokeräin

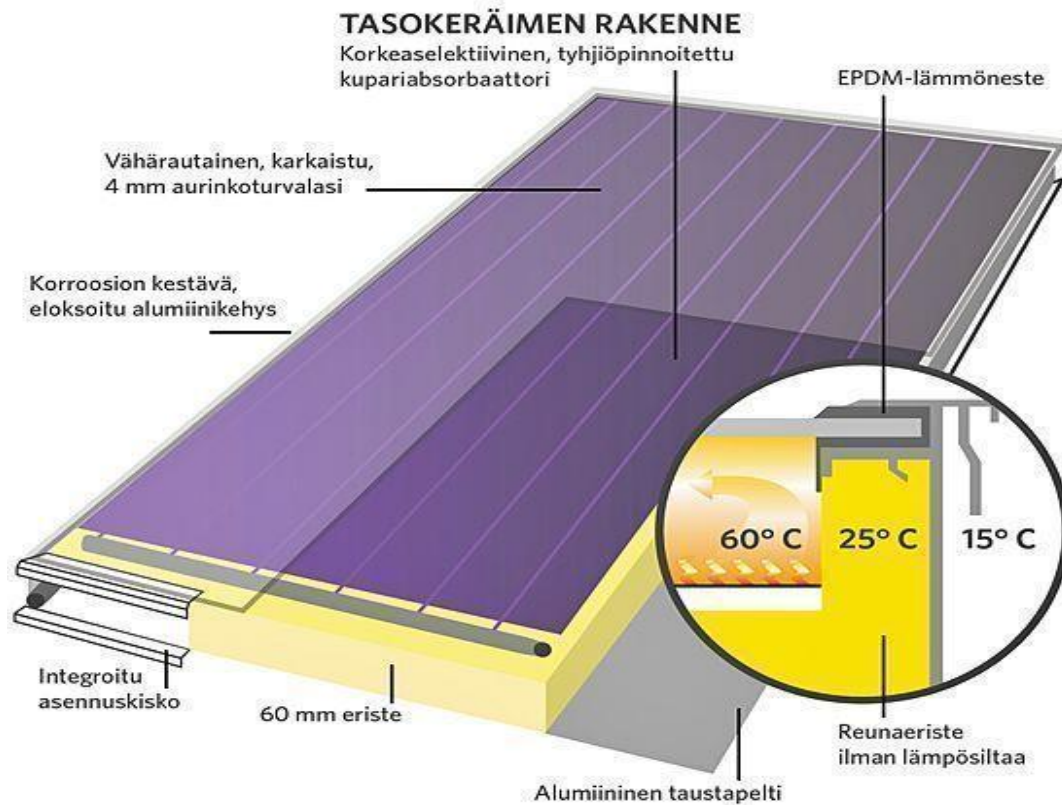
Aurinkokeräin eroaa aurinkokennosta tuotantoprosessin lopputulemalla. Kenno tuottaa puhdasta sähköä, kun taas keräin tuottaa teknisesti käyttökelpoista lämpöä. Tyypillisesti keräin on osa muuta lämmitysjärjestelmää, varsinkin omakotitaloasennuksissa. Koska keräin on osa lämmitysjärjestelmää sen tehtävä on sitoa auringon säteilyn energiaa johonkin keräimessä kiertävään väliaineeseen. Väliaine taas lämmittää lämminvesivaraajaa johon lämpö varastoituu.

Tällaisessa järjestelmässä käyttökustannukset ovat alhaiset ja tuotanto ei aiheuta päästöjä. Esimerkiksi Suomessa tarvitaan muitakin lämmönlähteitä keräimen tueksi. Keräimellä voidaan kattaa käyttöveden lämmitys kesäkuukausina, jolloin muuta lämmitystä ei juuri tarvita. Sydäntalvella tyypillinen järjestelmä on varsin tehoton.

Tyypillinen pientalon käyttöveden lämmitykseen tarkoitettu järjestelmä koostuu 5–10 m<sup>2</sup>:n keräinalasta, lämmönsiirtimestä, ohjauksyksiköstä sekä noin 300 litran vesivaraajasta. Jos järjestelmä on tarkoitettu lämmittämään tiloja, keräinala kasvaa noin 10–20 neliometriin. Tyypillisimpien järjestelmien käyttöikä on noin 20–30 vuotta. (2.)

## 2.3 Tasokeräin

Tasokeräin on tyypillisin keräintyyppi. Siinä keruuputkisto, joka on yleensä kuparia, on asennettu vaakatasoon. Lämpöenergian keräämiseksi levyt ja putket on pinnoitettu selektiivisellä pinnoitteella. Se imee lämpöenergian eikä luovuta sitä ulospäin. Keräimen putkisto on sijoitettu eristettyyn koteloon, ja aurinkoon päin oleva taso on yleensä rakennettu erikoispinnoitetusta lasista kuten kuvassa 4. Erikoispinnoitettu lasi läpäisee lämpösäteilyn huomattavasti paremmin kuin normaali lasi. Tasokeräimillä saavutettu hyötysuhde on noin 35–75 prosenttia (4).



KUVA 4. Tasokeräimen rakenne (4)

## 2.4 Tyhjiöputkikeräin

Tyhjiöputkikeräin on aurinkokeräin, jossa lämmönkeruuputki on sijoitettu tyhjiöksi imetyn lasiputken sisälle. Tyhjiö vähentää lämmön siirtymistä ulkopuolelle kuten termospullossa. Tasokeräimen tapaan myös tyhjiöputki on pinnoitettu selektiivisellä pinnoitteella (kuva 5). Yleensä tyhjiöputkien takana on heijastuspinta, jonka avulla aurinkoenergiaa kerätään myös putken takapinnalta. Keräimen ominaislaatuinen tyhjiöputkirakenne tehostaa myös aurinkoenergian hyödyntämistä, koska toisin kuin tasokeräimessä, tyhjiöputkikeräin ei ole riippuvainen säteilyn tulosuunnasta. Lämpöä saadaan talteen myös pilvisellä säällä hyödyntämällä hajasäteilyä. Tyhjiöputkikeräimillä on päästy 40–80 %:n hyötysuhteeseen, ja stagnaatiolämpötila on noin 230–250 °C (5).



KUVA 5. Tyhjiöputkikeräimiä asennetaan katolla olevaan kehikkoon (5)

## 2.5 Keskittävä keräin ja Gemasolar-voimalaitos

Keskittävä keräin on aurinkokeräin, jonka toimintaperiaate perustuu aurinkoenergian keskittämisestä parabolisen heijastuspeilin tai linssin avulla yhteen fokusointipisteeseen, johon tällöin kohdistuu voimakas säteilyenergia. Jos keskittävä keräin on suunnattu hyvin tarkasti aurinkoa kohti, on mahdollista päästä yli 1 000 °C lämpötilaan. Keskittäviä keräimiä ei ole valmistettu kaupalliseen käyttöön, mutta maailmalla on hyvinkin suuria aurinkosähkövoimaloita, jotka käyttävät keskittävää keräystä hyödyksi. Näitä voimaloita kutsutaan Concentrated Solar Power (CSP) -voimaloiksi (1).

Hyvä esimerkki keskittävästä keräimestä on eteläespanjalainen Gemasolar-voimalaitos, joka on kokoluokassaan ensimmäinen laatuaan. Laitoksessa on tornin ympärillä 185 hehtaaria peilelementtejä, jotka heijastavat auringon säteet tornin huippuun asennettuun absorberiin. Peilelementit kohdistavat valtavan määrän energiaa CSP-tornissa kiertävään nesteeseen. Generaattori saadaan tuottamaan sähköä ohjaamalla kuumentunut neste virtaamaan lämmönsiirtimeen sekä turbiiniin. Osa lämmöstä voidaan myös varastoida säilöön, jolloin sitä voidaan käyttää auringon laskeuduttua (12).

Gemasolar-voimalaitoksen tasopeilit kääntyvät ja kallistuvat. Näin saadaan mahdollisimman paljon auringonvaloa heijastettua tornin huippuun (kuva 6). Jokaista heliostaattia on liikutettava jatkuvasti, jotta valon tulokulma olisi optimaalinen.

Jokaisen heliostaatin pinta-ala on noin 120 m<sup>2</sup>, joten peiliyksiköt ovat suuria ja painavia. Jotta yksiköt saadaan seuraamaan aurinkoa, tarvitaan tehokkaita sekä erittäin kestäviä käyttöratkaisuja. Peiliyksiköitä liikutellaan äärimmäisissä ympäristön lämpötiloissa Saksalaisilla NORDBLOC.1 -vaihdemoottoreilla.

Gemasolar-aurinkotornivoimalan nimellisteho on 19 MW, ja sen suunniteltu vuotuinen sähkön tuotanto on 110 GWh, jonka pitäisi riittää noin 30 000 kotitalouden tarpeisiin sekä vähentää vuosittaisia CO<sub>2</sub>-päästöjä noin 40 000 tonnia. Laitoksen omistajana sekä rakennuttajana toimii Torresol Energy Investments -yritys. Kyseinen yritys toimii Välimeren alueella, Lähi-idässä sekä USA:ssa. (12.)



KUVA 6. Espanjalainen Gemasolar CSP-voimalaitos (14)

## 2.6 Suomalaiset aurinkovoimalat

Suomessa työ- ja elinkeinoministeriö voi myöntää yrityksille, kunnille sekä muille yhteisöille harkinnan jälkeen energiatukea ilmasto- ja ympäristömyönteisiin investointihankkeisiin, jotka edistävät esimerkiksi uusiutuvan energian käyttöä ja tuotantoa. Tuen määrä on 20–25 % (22).

Aurinkoenergian kannattavuus Suomessa on noussut suuresti vuodesta 2014 alkaen, mikä johtuu aurinkoenergiajärjestelmien globaalista hintojen laskusta. Investointi pysyy kannattavana, kunhan aurinkosähkö ja lämpö tuotetaan omaan käyttöön, sillä voidaan silloin korvata kalliimpaa ostoenergiaa.

Suomalaiset aurinkovoimalat ovat pienehköjä, lähinnä kiinteistön lisäenergiatarpeen tai yrityksen imagon kohottamiseen rakennettuja alle 5 MWp:n voimaloita. Joukosta erottuu tällä hetkellä suurimpana Atrian aurinkosähköpuisto, mutta suunnitteilla on rakentaa Lapualla sijaitsevalle turvesuolle jopa 100 MW:n aurinkovoimala, mikäli rakentajan tavoitteet toteutuvat.

Atrian vuonna 2018 käyttöönotettu aurinkovoimala on teholtaan 5,9 MWp:n luokkaa. Se koostuu 22 000 yksittäisestä aurinkopaneelistä ja vastaa kokoluokaltaan yhdeksää jalkapallokenttää. Vuonna 2022 käyttöönotettavaksi valmistuva laajennusosa on teholtaan 5 MWp, joka siis nostaa voimalaitoksen kokonaistehon yli 10 MWp:n. (6.)



KUVA 7. Atrian aurinkosähköpuisto (6)

## 2.7 Suomi aurinkoenergian tuottajana Euroopassa

Kun Suomea verrataan muuhun maailmaan aurinkoenergiatuotannossa, vertailukohteena on hyvin useasti Saksa. Tämä johtuu yleensä ilmastojemme samankaltaisuudesta Etelä-Suomessa sekä Pohjois-Saksassa.

Saksaa käytetään monesti esimerkkinä, kun puhutaan eurooppalaisesta aurinkoenergiatuotannosta. Esimerkin asema on hyvin perusteltu, kun katsotaan Saksan keskeistä sijaintia ilmaston sekä geopolitiikan kannalta, Saksaa voidaan siis hyvin perusteiden käyttää vertailun kohteena sekä Etelä- että Pohjois-Euroopan valtioille.

Aurinkoenergian tämänhetkinen osuus Saksan sähkötuotannosta on 10,5 %, Saksalaiset aurinkovoimalat tuottavat noin 51 TWh vuodessa (15). Suomen vastaava tuotanto vuonna 2020 oli 218 GWh, joka oli vain noin 0,33 % Suomen sähkötuotannosta (16).

Saksa oli pitkään aurinkoenergian saralla maailmanlistan kärjessä, mutta se on viime aikoina asettunut sijalle neljä. Saksan tämänhetkinen voimaloiden yhteisteho on 59 GWp, mutta vuoden 2030 ennusteissa povataan jopa 200 GWp:n voimalaitoskapasiteettia. Kyseessä olisi siis 70 % kapasiteetin nousu alle kymmenessä vuodessa (15).



KUVA 8. Krughütten aurinkovoimapuisto (42)

Vuonna 2021 Saksassa saatiin kokea todellinen aurinkoenergian voimannäyte. Maalis- ja huhtikuun välisenä aikana aurinkopaneelit tuottivat enemmän sähköä kuin kaikki Saksan kivihiilivoimalat yhteensä. Kyseisenä aikana aurinkovoimalla tuotettiin 7,99 TWh, joka vastaa 20,6 % koko maan nettotuotannosta (15).

Hyvä esimerkki saksalaisesta aurinkovoimalasta on Krughütten aurinkovoimapuisto (kuva 8), joka sijaitsee entisen kuparikaivoksen paikalla Eislebenissä, ja levittäytyy yli sadan hehtaarin alueelle. Puisto otettiin käyttöön vuonna 2012, ja se saavuttaa 121,000 paneelillaan noin 29.1 MWp:n kapasiteetin (14).



### 3 AURINKOENERGIAAN LIITTYVÄ OPETUS SUOMESSA

Aurinkoenergiaan liittyvä opetus suomalaisissa korkeakouluissa on melko tuore ilmiö. Aurinkoenergiaan ja sen tuottamiseen liittyvät kurssit ja opetusalueet ovat kuitenkin viimeisen 15 vuoden aikana tehneet vankasti tuloaan teknillisten korkeakouluopiskelijoiden opetussuunnitelmiin. Ennen kaikkea aurinkoenergiaan liittyvä opetus näkyy energia- ja ympäristötekniikan opiskelijoiden opetussuunnitelmissa, niin yliopiston kuin ammattikorkeakoulun puolella. Aihe on yleensä liitettyä johonkin uusiutuvaa energiaa yleiskäsittelyyn kurssiin, tai sitten sen voi löytää omana vapaavalintaisena kokonaisuutenaan.

Kun vertaa Suomen opetustarjontaa muuhun maailmaan, ero on huomattava. Esimerkiksi Yhdysvalloissa melkein jokainen tunnettu yliopisto tarjoaa uusiutuvaan energiaan keskittyvää teknillistä opintolinjaa. Loput tärkeimmät koulutuksen tarjoajat löytyvätkin Euroopasta, esimerkkeinä Tanska, Iso-Britannia sekä aurinkoenergian tuotannostaan tunnettu Saksa. Listojen yläpäästä löytyy myös naapurimme Ruotsi, joka tarjoaa mittavan määrän opiskelumahdollisuuksia uusiutuvan energian ja etenkin tuuli- ja aurinkovoiman saralta. Kaikissa edellä mainituissa maissa on tarjolla täysin aurinkoenergiaan keskittyviä maisteriohjelmia.

#### 3.1 Suomalaiset ammattikorkeakoulut

Suomalaisissa ammattikorkeakouluissa aurinkoenergiaan liittyvä opetus sisältyy energia- ja ympäristötekniikan insinöörien opintosuunnitelmiin. Sitä on esimerkiksi energiantuotantoon liittyvissä hybridijärjestelmät projekteissa sekä uusiutuviin energianlähteisiin keskittyvillä kursseilla. Aihetta käsitellään myös useilla laboratorioympäristössä suoritettavilla kursseilla liittyen paneelin toimintaan sekä sen fysiikkaan. Monissa ammattikorkeakouluissa on tarjolla myös aurinkoenergian tuotantoon liittyviä kursseja vapaavalintaisessa muodossa (27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34).

Suomessa ainakin taulukon 1 mukaiset ammattikorkeakoulut tarjoavat energia- tai ympäristötekniikan opintolinjaa taikka yhdistettyä energia- ja ympäristötekniikan opintolinjaa.

TAULUKKO 1. Aurinkoenergiaan liittyvää opetusta tarjoavat ammattikorkeakoulut

Oulun ammattikorkeakoulu (OAMK)
Karelia ammattikorkeakoulu
Metropolia ammattikorkeakoulu
Satakunnan ammattikorkeakoulu (SAMK)
LAB-ammattikorkeakoulu
Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu (XAMK)
Turun ammattikorkeakoulu
Jyväskylän ammattikorkeakoulu (JAMK)

### 3.2 Suomalaiset yliopistot

Suomalaiset yliopistot tarjoavat aurinkoenergiaan liittyviä kursseja yleensä maisterivaiheessa. Kurssit ovat hyvin samankaltaisia toistensa kanssa ja joskus jopa samannimisiä. Yliopistoissa näitä kursseja on tarjolla myös lähinnä energia- ja ympäristötekniikan opiskelijoille. Mutta myös erinäisille yhdistelmätutkinnoille.

Esimerkiksi Vaasan yliopistossa oleva energia- ja informaatiotekniikan opintosuunta (DI) tarjoaa kurssia nimeltä Voimallat ja energiatalous. Kurssilla käsiteltiin aurinkovoimaa ja sen roolia energiataloudessa. LUT yliopisto Lappeenrannassa tarjoaa laajimmin aurinkoenergian yliopistotasoisista opetusta Suomessa. Siellä useammallakin kurssilla on mahdollisuus perehtyä aiheeseen, kuten kurssilla nimeltään Basics of renewable energy engineering jossa tarkastellaan uusiutuvia energianlähteitä sekä niiden toimintaa ja taloutta (35; 36; 37; 38; 39).

TAULUKKO 2. Aurinkoenergiaan liittyvää opetusta tarjoavat yliopistot

LUT yliopisto
Tampereen yliopisto
Oulun yliopisto
Vaasan yliopisto
Aalto yliopisto

### 3.3 Aurinko- ja tuulivoiman koulutus- ja tutkimuskeskittymä (XAMK)

Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk perusti kehittämishankkeen yhdessä paikallisten ammattiopistojen kanssa. Kehittämishankkeessa luotiin verkkosivusto, jonka kautta pystyi seuraamaan Suomen Voima Oy:n perustaman teollisen kokoluokan (725kW) aurinkovoimalaa reaaliaikaisesti. Sivustolle kertyy tunnissa noin 200 eri mittaustietoa sekä reaaliaikaista kamerakuvaa voimalasta (7).

Kaikki voimalan mittaukset jopa minuutin välein tallennetaan ja jaetaan Xamkin oman tietokannan kautta. Tietokantaa käyttäen opiskelijat voivat tarkastella ja vertailla tuotantotietoja sekä sääolosuhteita.

Hankkeen tarkoituksena onkin lisätä aurinko- ja tuulivoimaan liittyvää opetusta Suomessa. Jatkuvasti kerättävä data voimaloista tuottaa aineistoa, jota opiskelijat pystyvät hyödyntämään oppimisympäristökäytössä. Datan avulla voidaan laskea tuuli- ja aurinkovoiman keskinäisen tuotantotehon korrelaatiota vuorokausitasolla eri vuodenaikoina. Xamkissa otettiin käyttöön myös demoalusta, jota opiskelijat pystyvät käyttämään simuloidakseen kulutusta sekä energian varastointia. Demoalustaa käyttäen on myös helppo tutkia ja mitata aurinkopaneelien toiminnan kannalta oleellisia suureita (7).



KUVA 9. Aurinko- ja tuulivoiman koulutus- ja tutkimuskeskittymä (7)

Xamkin kehittämishanke on hyvä esimerkki aurinkovoimaan liittyvän opetuksen lisääntymisestä Suomessa, ja hanke tukee sitä havaintoa, että aurinkovoima on tullut Suomalaiseen teknilliseen opetukseen pysyäkseen.

### **3.4 Aurinkovoimaan liittyvät hankkeet Oulun alueella**

Oulussakin on ollut aurinkoenergiaan liittyviä hankkeita, käytännönläheisiä sekä tutkimukseen painottuvia. Esimerkiksi OSAO:n Sähkö 2.0-hankkeessa on tavoitteena varmistaa osaavan työvoiman saatavuus tuulivoiman ja aurinkopaneeliratkaisuiden asennukseen, huoltoon sekä kunnossapitoon Pohjois-Pohjanmaalla (12).

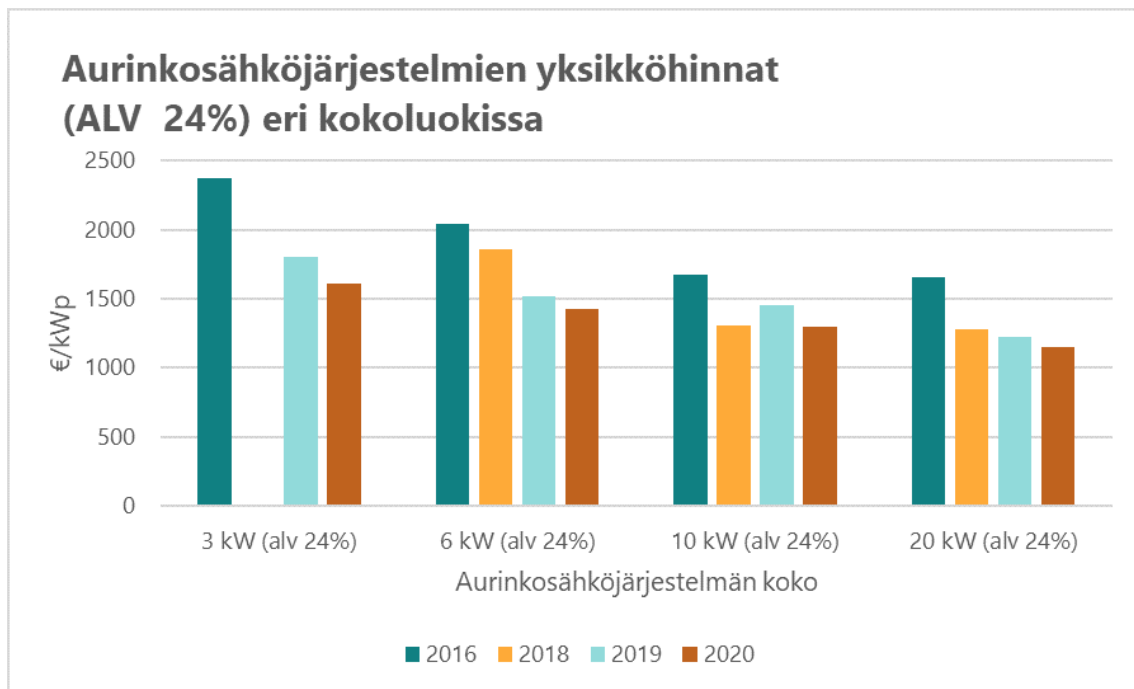
Hanke toteutetaan uusiutuvien energioiden oppimisympäristöillä, joilla varmistetaan ammatti- ja erikoisammattitutkintojen toteuttaminen. Oppimisympäristöissä käytetään työelämän tarpeita vastaavia laitekokonaisuuksia, sähköautomaation ja kone- ja tuotantotekniikan kunnossapitoasennuksen saralta. Hankkeessa tärkeässä osassa ovat paikalliset yritykset sekä toimijat, hankkeen yksi tarkoitus on tarjota paikallisesti yritysten henkilöstölle lisäkoulutusta sekä tutkinnon osien suunnittelua ja toteutusta (12).

Oulun yliopistossa on käynnissä Energy- and cost-efficient production of solar energy under arctic environmental conditions-tutkimusprojekti. Siinä on tarkoitus tutkia mahdollisuuksia luoda kestävää aurinkovoimantuotantoa arktisiin olosuhteisiin sekä kehittää energiaomavaraista yksityisautoilua (13).

Projektissa keskitytään aurinkovoimaloiden kehittämiseen, optimointiin sekä hyötysuhteen maksimointiin. Tutkimuksessa käytetään Oulun yliopiston mittauksia sekä matemaattisia mallinnuksia, joilla kuvataan ilmastonmuutoksen aiheuttamia vaikutuksia. Lopputuloksena aurinkovoiman tuotannon hyötysuhdetta saadaan parannettua sekä samaan aikaan kustannuksia alennettua (13).

## 4 MARKKINATILANNE

Suomessa yksityinen aurinkosähkön tuotanto on kasvanut jo pitemmän ajan. Sitä on asennettu varsinkin vapaa-ajan asuntoihin johtuen lähinnä sähköverkon saatavuuteen liittyvistä haasteista sekä jatkuvasti kasvavissa siirtohinnoissa. Suosiota lisää myös jatkuva aurinkovoimajärjestelmien tehokkuuden paraneminen sekä hintojen lasku (kuva10).



KUVA 10. Aurinkosähkijärjestelmien yksikköhintojen kehitys (44)

Sähköjakeluyhtiö Caruna teetti vuonna 2021 kuluttajille suunnatun kyselyn, jonka mukaan yli puolet (52 %) suomalaisista käyttäisi mieluiten uusiutuvista energiamuodoista aurinkoenergiaa (8). Samaa aikaa kun kyselyä toteutettiin, Carunan verkkoon liittyi 10 000:s aurinkosähkön pientuottaja (8). Kesämökkien suosio aurinkosähkön käyttöpaikkana näkyi myös Carunan kyselyssä, sillä kaksi viidestä suomalaisesta haluaisi käyttää sitä kesämökillä ja erityisesti 18–24-vuotiaat (54 %). Alueellisesti se kiinnostaa eniten pohjoissuomalaisia (44 %) (8).



KUVA 11. Aurinkoenergiakysely Suomessa (44)

#### 4.1 Aurinkosähköjärjestelmän hankintatuet yksityishenkilölle

1.1.2020 kotitalousvähennyksen enimmäismäärä muuttui 2 250 € henkilöä kohden vuodessa. Yksityishenkilöt ovat oikeutettuja hakemaan 40 % kotitalousvähennystä aurinkosähköjärjestelmän asennuskustannuksista. Huomioitavaa on, että vähennystä ei myönnetä tarvikkeista tai matkakuiluista vaan vähennys myönnetään ainoastaan työn osuudesta. Henkilön on tärkeää vaatia yrittäjältä sellainen lasku, jossa ilmenee työn osuuden sekä tarvikkeiden erittely kotitalousvähennystä varten. Henkilön palkatessa työntekijän, voidaan vähentää palkan sivukulut sekä 15 % maksetusta palkasta. Kotitalouden vähennyksen suuruus on 2 250 € per henkilö (23).

Täten yksin asuva on oikeutettu 2 250 € suuruiseen kotitalousvähennykseen. Kotitalousvähennyksen voi jakaa puolison kanssa, jolloin vähennyksen kokonaissuuruudeksi tulee 4 500 €. Kotitalousvähennykseen kuuluu vuosittainen 100 €:n omavastuu osuus. Molempien puolisoitten on maksettava 100 € omavastuu omasta kotitalousvähennysosuudestaan.

Tilanteessa, jossa työn osuus ei ylitä yhden henkilön rajaa kannattaa kotitalousvähennys merkitä vain toisen puolison nimelle, jolloin ei tarvitse maksaa omavastuuta kuin vain toisen puolison osalta. Mikäli vähennys on merkattu vain toisen puolison nimelle ja kokonaisvähennysmäärä ylittyy, siirtää Verohallinto ylimenevän osuuden puolisolalle automaattisesti (23).

Tilanteessa, jossa hakijan verot eivät riitä vähennykseen, Verohallinto vähentää automaattisesti vähentämättä jääneen summan puolison veroista. Maksimivähennyksen saa, kun työn osuus on 5 875 €. Vastaavasti parisuhteessa oleville maksimivähennyksen 4 500 € saa, kun työn osuus on 11 750 €. (23)

Myöskin maatilat voivat hakea aurinkosähköinvestointiin 40 % suuruista investointitukea Business Finlandilta. Tilan täytyy vain noudattaa pakollisia vaatimuksia, jotka perustuvat ympäristöä, hygieniaa ja eläinten hyvinvointia koskevaan Euroopan unionin ja kansalliseen lainsäädäntöön. ELY-keskus tarkistaa täyttyvätkö lain vaatimukset.

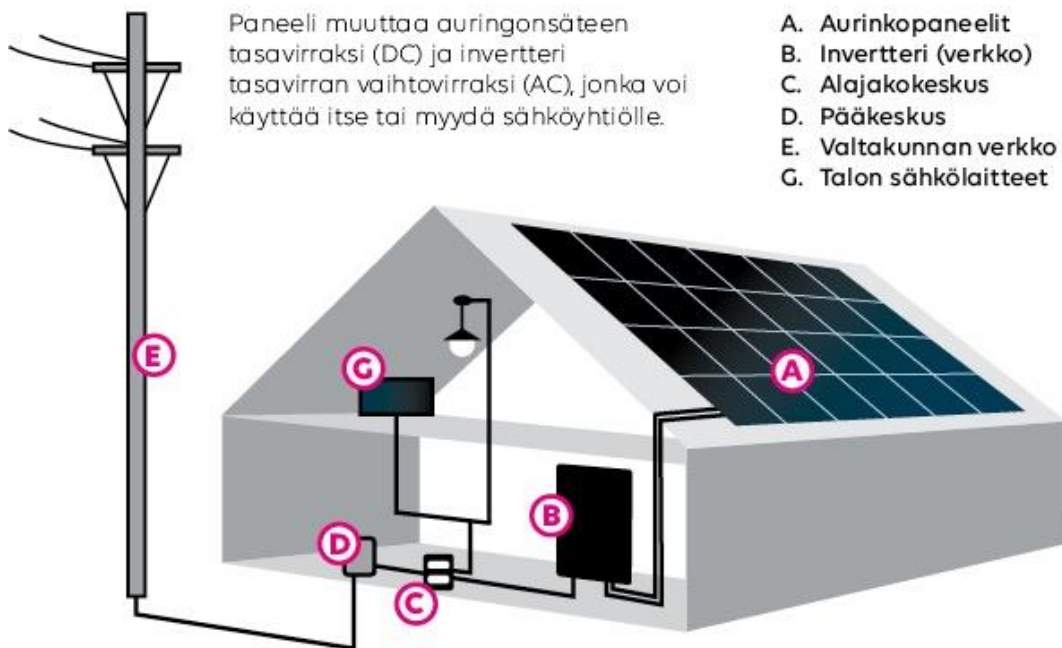
Maatilan investoinnin kokonaiskustannuksen on oltava vähintään 17 500 €, tuen vähimmäismäärän on täten oltava vähintään 7 000 € (40 % / 17 500 €). Mikäli palvelu- tai tavarahankintojen arvo ylittää 209 000 €, tulee kilpailutus tehdä EU-kynnysarvot ylittäviä hankintoja koskevien menettelyjen mukaisesti. (24)

#### **4.2 Kuluttajan ylimääräinen aurinkosähköntuotanto**

Aurinkopaneelien tuottamaa ylijäämäsähköä voi myydä, jos aurinkosähköjärjestelmä on liitetty sähköverkkoon kuten kuvassa 12 ja tuottaja on sopinut sähkön myyjän kanssa ylijäämäsähkön myymisestä (9). Mikäli sähkölle ei ole sovittua ostajaa, on sen syöttäminen verkkoon kielletty.

Kun kuluttaja myy omaa ylimääräistä tuotantoaan puhutaan sähkön pientuotannosta. Sähkön pientuotantoa on lain määritelmän mukaan kaikki teholtaan enintään 2 MVA:n tuotantolaitteistot, sähköä tuotetaan pienimuotoisesti yleisemmin aurinkoenergialla, tuulivoimalla ja pienvesivoimalla (10).

## AURINKOSÄHKÖJÄRJESTELMÄN TOIMINTA



KUVA 12. Aurinkosähköjärjestelmän toiminta (45).

Ostosähkö hinnoitellaan yleensä markkinahinnan pohjalta, hyvin yleisesti hinnoittelussa käytetään sähköpörssissä noteerattavaa tunneittain muuttuvaa Spot-hintaa. Silloin tuottaja saa tuottamastaan sähköstä suurin piirtein saman hinnan, minkä joutuisi itsekkin maksamaan sähköenergiasta (9). Sähköä myyvän pientuottajan on kuitenkin hyvä muistaa, että verkkoon myydystä sähköenergiasta saatavat myyntitulot eivät sisällä sähkönsiirron ja verojen osuutta. Tilanteesta riippuen ne voivat muodostaa jopa kaksi kolmasosaa kokonaishinnasta (9).

Kenellä tahansa on Suomessa oikeus ryhtyä sähköntuottajaksi. Tuotannolle on tarjottava luotettava verkko ja sen toiminta sekä turvallisuus on taattava kaikille verkon käyttäjille. Tuotantolaitoksen sähköverkkoon liittämistä suunnittelevan tulee tarkistaa paikalliselta verkkoyhtiöltä tuotantolaitoksen verkon liittämistä koskevat ohjeet ja velvoitteet (10).

Ennen sähköntuotantolaitoksen liittämistä sähköverkkoon, tulee luonnollisesti tarkistaa kunnan rakennusvalvontaviranomaisilta edellyttäväkö laitoksen sijoittaminen kohteeseen rakennuslupaa.



Myös ennen minkäänlaisen toiminnan aloittamista on tärkeä tarkastaa tuotantolaitoksen laitteiston standardienmukaisuus.

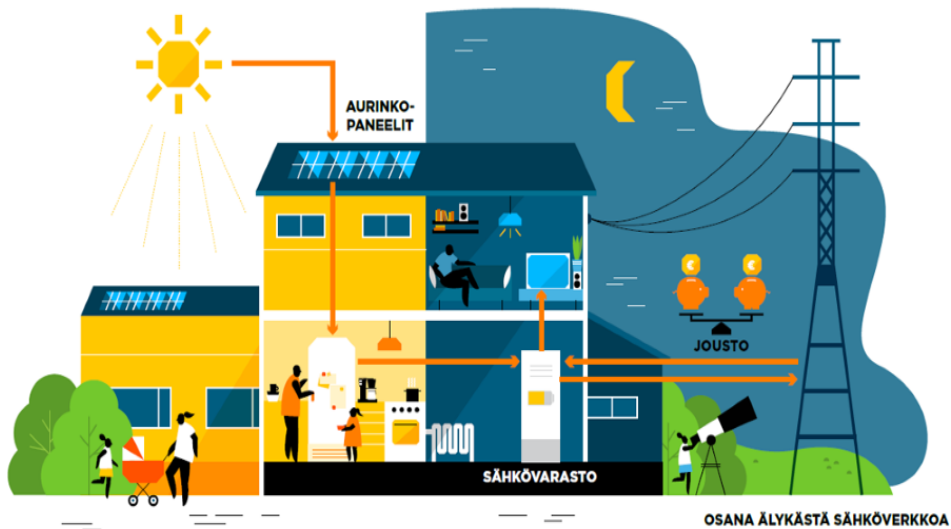
Voimakkainta kasvu on tällä hetkellä aurinkosähkön mikrotuotannossa. Mikrotuotannolla tarkoitetaan sähkökäyttöpaikan yhteyteen kytkettyä sähköntuotantolaitosta, tällaisen tuotantolaitoksen ensisijainen tarkoitus on tuottaa sähkö kulutuskohteeseen. Yleinen tehoraja mikrotuotantolaitokselle on 100 kVA, tyypillinen teho laitteistolle on muutamista kilowateista muutama kymmeniä kilowatteihin (10).

### **4.3 Aurinkosähkön varastointi sekä virtuaaliakku**

Sähköyhtiöt tarjoavat niin kutsuttuja tuottajapaketteja, joista yksi esimerkki on paneelit sekä sähkövaraston sisältävä tuottajapaketti. Paketin tarjoajien mukaan sähkövaraston tarjoamalla tuotannon sekä kulutuksen tasaamisella voidaan kasvattaa aurinkopaneelien käyttöastetta. Tätä samaa toimintaperiaatetta mukaillen hetkittäinen ylituotanto ei siirry verkkoon vaan varastoituu sähkövarastoon, mistä sen voi luonnollisesti hyödyntää myöhemmin (11).

Sähkövarastoa voidaan myös käyttää kysyntäjouston, jolla hyödynnetään sähkön markkinavaihteluita. Akkuun varastoitua siis kannattaa käyttää silloin, kun sähkön hinta on kalleimmillaan. Kun kotitalouden kulutus on suurimmillaan, voidaan myös akussa olevaa sähköä käyttää leikkaamaan huipputehoja sähkönkulutuksessa (11;18).

Järjestelmä on hyvin toimiva, mutta investoinnin hyöty häviää takaisinmaksuaikansa vuoksi. Omakotitaloasukkaalle sähkövaraston hankinta ei ole taloudellisesti kannattavaa, koska takaisinmaksuaika on melkoisen pitkä (11;18).



KUVA 13. Aurinkoenergian tuotantojärjestelmä (11)

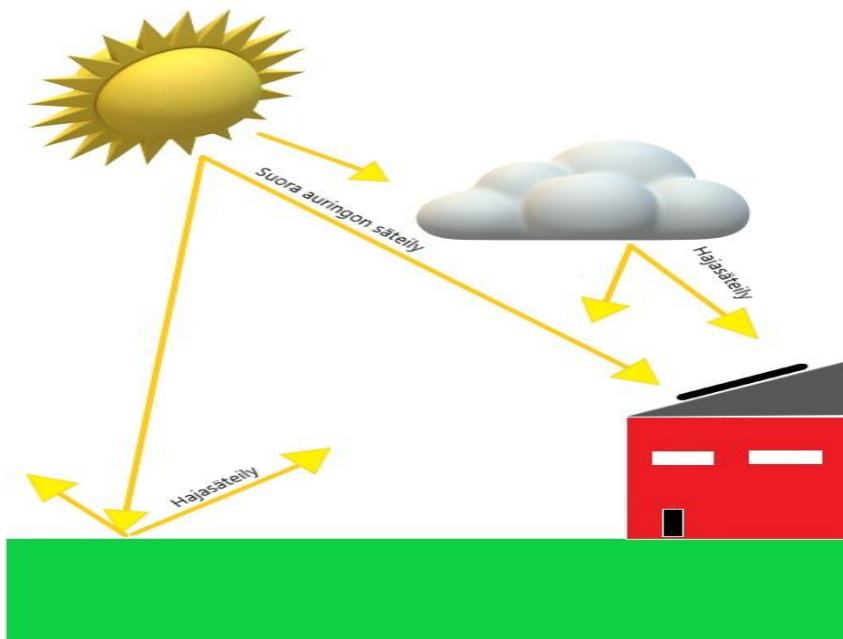
Toinen sähköyhtiöiden tarjoama varastointitapa on virtuaaliakku, eli ideana on tarjota tuottajalle mahdollisuus varastoida ylijäämätuotantoa ilman investointitarvetta fyysiselle akulle. Tämä tarkoittaa siis sitä, että voidaan käyttää esimerkiksi kotitaloudessa varastoitua sähköä vaikkapa kesämökillä. Virtuaaliakkupakettiin kuuluu myös virtuaalinen tili, tällä tilillä pystyt seuraamaan sähkön tuotantoa sekä kulutustasi. Tilin kautta voi myös seurata paljonko tuotettua sähköä varastoituu virtuaaliakkuun. (11).

#### 4.4 Pohjoisten olojen aurinkovoimalle tuomat haasteet

Suomessa sekä Pohjoismaissa yleensä aurinkoenergian kannattavuus on yllättävän korkea. Suomen viileä ilmasto parantaa paneelien hyötysuhteita sekä pohjolan lähes ympärivuorokautisen valoisa kesäaika tuo varastoihin reilusti ylituotantoa. Esimerkiksi Helsingissä ja Hampurissa auringon säteilytaso on yhtä korkea (19).

Suomessa aurinkosähkön yleistymiselle ovat olleet haasteina sitkeässä eläneet uskomukset valon vähyydestä sekä kylmyydestä. Olennaista olisikin tarkastella oman käytön ylittävää tuotantoa sekä sähkön varastoinnin vaikeutta (25).

Auringon kokonaissäteily tulee maahan suorasäteilynä tai hajasäteilynä (kuva 14). Pilvistä, maasta sekä ilmakehästä heijastuva hajasäteily on merkittävässä osassa täällä Suomessa. Aurinkopaneelien tehokkuuden vuoksi on tärkeää, että niiden kallistuskulma katsotaan aina erikseen asennuspaikan olosuhteiden sekä maastonmuotojen mukaan (18).



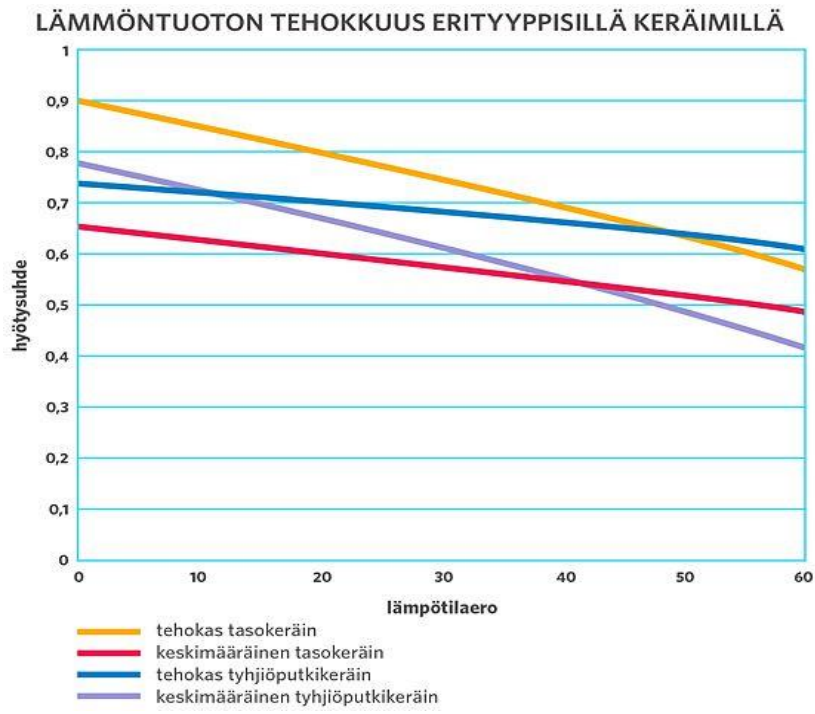
KUVA 14. Auringon säteily

#### 4.5 Laitteisto Suomessa

Yksityisen aurinkoenergiantuottajan on syytä vertailla laitteistoja sekä niiden tehokkuutta vallitsevissa olosuhteissa. Laitteistoista Suomen markkinoilla on tarjolla tasokeräimiä, tyhjiöputkikeräimiä sekä laaja valikoima erilaisia aurinkopaneeleja.

Aurinkokeräimen hyötysuhde voi olla tekniikasta ja olosuhteista riippuen jopa yli 70 prosenttia. Koko järjestelmän hyötysuhde on kuitenkin pienempi muun muassa käytännön lämpötilaolosuhteista ja lämpöenergian varastointikapasiteetista johtuen (18)

Keräimissä hyötysuhde on sitä heikompi, mitä suurempi on lämpötilaero keräimen ja ympäristön välillä. Sekä tietenkin mitä pienempi auringon säteilyteho on. Vuositason energiatuottoa vertaillessa tulee selväksi, että tyhjiökeräimet ovat vain hieman tasokeräimiä tehokkaampia, mutta hinnaltaan tyhjiökeräimet ovat noin 30–50 prosenttia kalliimpia (2; 4).



KUVA 15. Lämmöntuoton tehokkuus erityyppisillä keräimillä (4)

## 5 AURINKOENERGIAN TEKNOLOGIAKEHITYS JA TULEVAISUUS

Kuten kaikessa energiantuotannossa, on myös aurinkoenergiassa sen teknologiakehitys sekä tulevaisuuden näkymät jatkuvasti tarkastelun kohteena. Vaikka kasvu on ollut huikea sekä ylittänyt kaikki sille aikoinaan kehitellyt ennusteet, aurinkoenergia tulee tarvitsemaan uusia ratkaisuja ja innovaatioita, jotta se saadaan varmasti sekä toimivasti koko maapallon väestön käyttöön ja tietoisuuteen.

Kun paneelien valmistuskustannukset saadaan pienemmäksi ja niiden materiaalit ympäristöystävällisemmiksi, paneelien käyttöön saaminen maapallon köyhemmilläkin alueilla tulee vauhdittumaan. Laitteiden muuntautumiskyky tulee olemaan merkittävä tekijä aurinkoenergian kehityksessä. Esimerkiksi autojen maalipintaan tai ihmisten takinhihoihin asetettavat kolmannen sukupolven paneelit ovat herättäneet laajaa kiinnostusta.



*KUVA 16. Läpikuultavia paneeleja asennettuna auton panoraamakattoon (46)*

## 5.1 Kolmannen sukupolven aurinkokennot

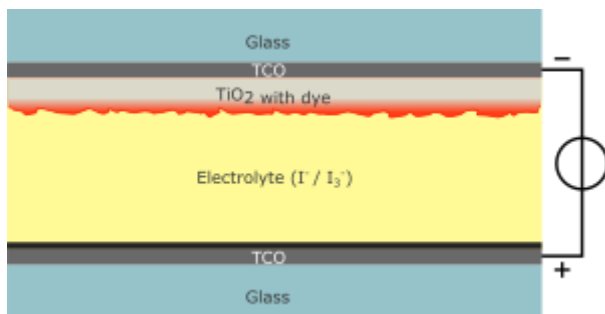
Kolmannen sukupolven aurinkokennot voivat mahdollisesti ylittää Shockley-Queisserin rajan, joka on 31–41 %:n teoreettinen tehokkuus yksikaistaisille aurinkokennoille.

Tavallisiin kolmannen sukupolven järjestelmiin kuuluvat monikerroksiset kennot, jotka on valmistettu amorfisesta piistä tai galliumarsenidista. Kolmannen sukupolven aurinkokennoissa pyritään yhdistämään tekniikat, jotka sisältävät sekä korkean tehokkuuden että alhaiset kustannukset (3)

## 5.2 Väriaineherkistetty aurinkokenno

Väriaineherkistetty aurinkokenno kuuluu ohutkalvoisten aurinkokennojen ryhmään ja on tunnettu edullisena aurinkokennona. Sen toiminta perustuu puolijohdteeseen, joka muodostuu valoherkistetyin anodin ja elektrolyytin väliin (kuva 17).

Kennoissa on useita hyviä ominaisuuksia: se on helppo valmistaa tavanomaisilla rullapainotekniikoilla, sitä voidaan käyttää moniin erilaisiin sovelluksiin johtuen puolijoustavuudesta ja osittaisesta läpinäkyvyydestä. Kennon muunnostehokkuus on hieman pienempi kuin parhaiden ohutkalvokennojen, mutta teoriassa sen hinta/suorituskyky-suhteen pitäisi olla riittävän hyvä kilpailuaseman saavuttamiseen fossiilisten polttoaineiden kanssa (3; 21)



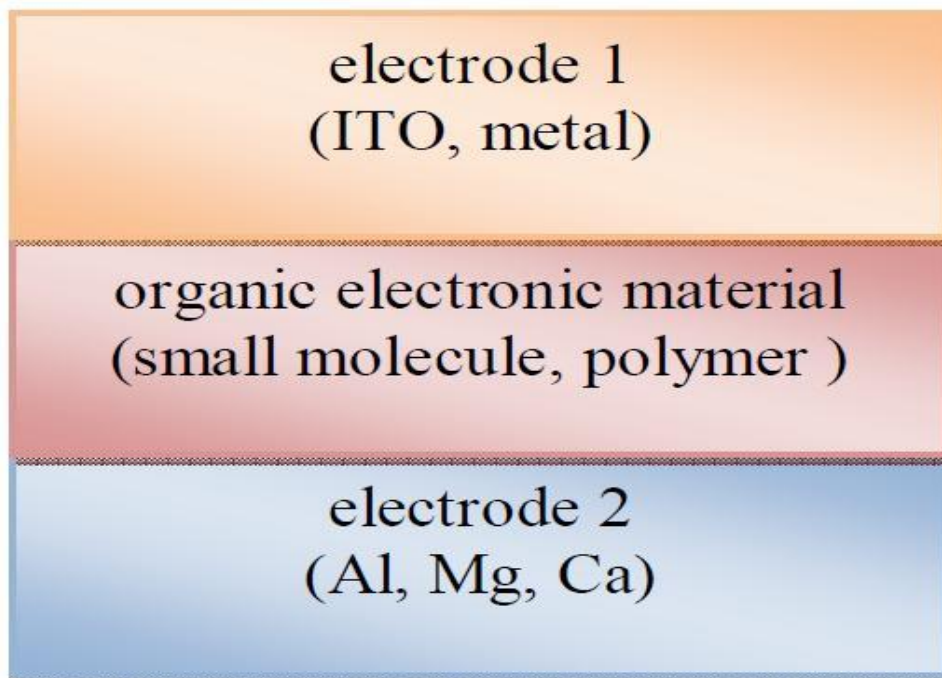
KUVA 17. Grätzelin ja O'Reganin valmistama solutyypin (21)

### 5.3 Orgaaninen aurinkokenno

Orgaaninen aurinkokenno (OSC) tunnetaan myös nimellä muovinen aurinkokenno, se on aurinkosähköä keräävä kenno, joka käyttää orgaanista elektroniikkaa. Orgaanisessa elektroniikassa käytetään orgaanisia polymeerejä tai pieniä molekyylejä valon absorptioon ja varauksen siirtoon, jotta voidaan tuottaa sähköä auringonvalosta. Suurin osa orgaanisista aurinkokennoista on polymeerisiä aurinkokennoja.

Piipohjaisiin laitteisiin verrattuna, polymeeriset aurinkokennot ovat kevyitä. Mikä on tärkeää esimerkiksi autonomian kannalta. Kennot ovat myös edullisia valmistaa sekä joustavia ja läpinäkyviä, mikä mahdollistaa sovellukset ikkunoissa, seinissä ja esimerkiksi joustavassa elektroniikassa.

Polymeeriaurinkokennoja ovat varjostaneet tehottomuus- ja vakausongelmat. Mutta lisääntynyt tehokkuus ja alhaiset kustannukset ovat taas nostaneet kyseisten kennojen asemaa aurinkokennojen tutkimuksissa. Vuonna 2015 polymeeriset aurinkokennot pystyivät saavuttamaan yli 10 % tehokkuuden tandemrakenteen avulla. Vuonna 2018 samassa tehokkuustutkimuksessa luku oli jo 17,3 % (3,20).



KUVA 18. Piirros yksikerroksisesta orgaanisesta aurinkokennosta (20)

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda selvitys aurinkoenergian ja sen tuotannon tämänhetkisestä tilasta Suomessa. Työssä hyödynnettiin lähinnä internetistä saatavilla olevaa materiaalia, kaikkea alan julkaisuista EU:n virallisiin tiedotteisiin. Työssä tutustuttiin laajasti aurinkoenergian taustoihin Suomessa sekä luoda näiden ja nykytiedon pohjalta katsaus tulevaisuuteen. Työssä käytiin kattavasti läpi laitteistoa, teknologioita, markkinatilannetta, hankkeita sekä politiikan ja maailmantilanteen vaikutuksia.

Työhön ajateltu aurinkopaneelien ja/tai keräinten tuoton laskennallinen osuus jäi toteuttamatta. Käytettävissä olevissa laboratoriolaitteiden mittaustiedoissa havaittiin puutteita. Tiettyjä mittaustuloksia pitäisi muokata ennen kuin niitä voidaan käyttää laskennallisten tulosten todentamiseen.

Tuloksena edellä mainituista työvaiheista syntyi selvitys aurinkoenergian nykyisestä tilasta Suomessa pohjautuen menneisyyteen sekä tulevaisuutta ennustaen. Tarkastellessa Suomessa vallitsevia olosuhteita sekä markkinatilannetta, todettiin aurinkopaneelijärjestelmä muita keräimiä paremmaksi vaihtoehdoksi. Lähinnä sen takia että sen hyötysuhde kärsii vähiten keräimen ja ympäristön välisestä lämpötilaerosta. Suomessa oppilaitosten sekä yritysten välinen yhteistyö tulee olemaan erittäin tärkeä aurinkoenergian kasvun kannalta.

Opinnäytetyössä luotiin kattava kuva tällä hetkellä vallitsevasta aurinkoenergian tilasta Suomessa. Varsinkin korkeakouluopetuksessa kehitys on kiihtyvää ja aiheeseen liittyvä opetustarjonta lisääntyy vuosi vuodelta. Tulevaisuuden kannalta on erittäin tärkeää, että nykyiset energiatukiin varatut määrärahat sekä muut tuet eivät enää pienene. Aurinkoenergian parissa olisi tarvetta myös vakuuttaville demonstraatiohankkeille.



## LÄHTEET

1. Energy Matters 2022. Solar panel brief history and overview. Hakupäivä 14.2.2022. <https://www.energymatters.com.au/panels-modules/>.
2. Motiva 2020. Aurinkolämpöjärjestelmät. Hakupäivä 14.2.2021. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat).
3. Fthenakis, Vasilis. Third generation photovoltaics. Hakupäivä 14.2.2022. <https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/65801>.
4. Motiva 2020. Tasokeräimet. Hakupäivä 16.2.2022. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset\\_keraimet/tasokeraimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tasokeraimet).
5. Motiva 2020. Tyhjiöputkikeräimet. Hakupäivä 16.2.2022. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset\\_keraimet/tyhjioputkikeraimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tyhjioputkikeraimet).
6. Atria 2021. Uutishuone. Hakupäivä 16.2.2022. <https://www.atria.fi/konserni/ajankoh-taista/uutishuone/2021/atria-laajentaa-suomen-suurimman-aurinkopuiston-lahes-kaksin-kertaiseksi--uusi-investointi-nurmossa-kaynnistyy-heinakuussa/>.
7. Xamk 2016. Aurinko- ja tuulivoiman koulutus- ja tutkimuskeskittymä. Hakupäivä 22.2.2022. <https://www.xamk.fi/tutkimus-ja-kehitys/aurinko-ja-tuulivoiman-koulutus-ja-tutkimuskeskittyma/>.
8. Caruna 2021. Yli puolet suomalaisista haluaa käyttää aurinkoenergiaa kodin sähkön kulutuksessa. Hakupäivä 25.02.2022. <https://www.epressi.com/tiedotteet/energia/yli-puolet-suomalaisista-haluaa-kayttaa-aurinkoenergiaa-kodin-sahkon-kulutuksessa.html>.

9. Motiva 2022. Ylijäämä­sähkön myynti. Hakupäivä 25.2.2022. [https://www.motiva.fi/ratkai-sut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman\\_kaytto/ylijaama-sahkon\\_myynti](https://www.motiva.fi/ratkai-sut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelman_kaytto/ylijaama-sahkon_myynti).
10. Energiateollisuus 2021. Sähkön pientuotanto. Hakupäivä 1.3.2022. [https://energia.fi/ener-giasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon\\_pientuotanto](https://energia.fi/ener-giasta/asiakkaat/sahkoasiakkuus/sahkon_pientuotanto).
11. Helen 2022. Ryhdy aurinkoenergian tuottajaksi. Hakupäivä 4.3.2022. <https://www.he-len.fi/aurinkopaneelit/sahko-varastointi/aurinkoenergian-tuottajapaketti>.
12. OSAO 2020. Sähkö 2.0. Hakupäivä 9.3.2022. <https://www.osao.fi/hankkeet/sahko-2-0/>.
13. University of Oulu 2021. Energy- and cost-efficient production of solar energy under arc-tic environmental conditions. Hakupäivä 9.3.2022. <https://www.oulu.fi/en/projects/energy-and-cost-efficient-production-solar-energy-under-arctic-environmental-conditions>.
14. Nord 2020. Torresol Energy. Hakupäivä 17.3.2022. [https://www.nord.com/fi/ratkaisut/ref-erenssit/muut-toimialat/cp\\_torresol.jsp](https://www.nord.com/fi/ratkaisut/ref-erenssit/muut-toimialat/cp_torresol.jsp).
15. Watson Farley & Williams 2013. WFW advises NORD/LB on the financing of the 30 MWp Krughütte solar farm. Hakupäivä 17.3.2022. <https://web.ar-chive.org/web/20150113110651/http://www.wfw.com/news-and-events/news/wfw-adv-i-ses-nordlb-on-the-financing-of-the-30-mwp-krughutte-solar-farm/>.
16. Wehrmann, Benjamin 2022. Solar power in Germany – output, business & perspectives. Hakupäivä 1.4.2022. <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/solar-power-germany-output-business-perspectives>.
17. Tilastokeskus 2021. Yli puolet Suomen sähköstä tuotettiin uusiutuvilla energialähteillä vuonna 2020. Hakupäivä 5.4.2022. [https://www.stat.fi/til/salatuo/2020/sala-tuo\\_2020\\_2021-11-02\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/salatuo/2020/sala-tuo_2020_2021-11-02_tie_001_fi.html).
18. Motiva 2021. Aurinkosähköjärjestelmät. Hakupäivä 7.4.2022. [https://www.motiva.fi/ratkai-sut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat](https://www.motiva.fi/ratkai-sut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkojarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat).

19. Photovoltaic geographical information system 2022. Hakupäivä 7.4.2022. [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/#MR](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/#MR).
20. Wikipedia 2022. Orgaaninen aurinkokenno. Hakupäivä 25.4.2022. [https://wikipedia.net/fi/Organic\\_solar\\_cell](https://wikipedia.net/fi/Organic_solar_cell).
21. Wikipedia 2022. Väriaineherkistetty aurinkokenno. Hakupäivä 25.4.2022. [https://wikipedia.net/fi/Dye-sensitized\\_solar\\_cell](https://wikipedia.net/fi/Dye-sensitized_solar_cell).
22. Verovirasto 2020. Kotitalouden sähköntuotannon tuloverotus. Hakupäivä 27.4.2022. <https://www.vero.fi/syventavat-vero-ohjeet/ohje-hakusivu/48484/kotitalouden-s%C3%A4hk%C3%B6ntuotannon-tuloverotus/>.
23. Ruokavirasto 2014. Maatalouden investointituet. Hakupäivä 27.4.2022. <https://www.ruokavirasto.fi/viljelijat/tuet-ja-rahoitus/maatalouden-investointituet/>.
24. Huoltosähkö 2020. Aurinkoenergian kannattavuus. Hakupäivä 28.4.2022. <https://www.huoltosahko.com/aurinkoenergia-salo>.
25. Noponen, Jukka 2012. Aurinkoenergian esteet on raivattava. Hakupäivä 28.4.2022. <https://www.sitra.fi/blogit/aurinkoenergian-esteet-raivattava/>.
26. Uusi teknologia 2019. Läpinäkyvä aurinkokenno auton katoksi tai konepelliksi. Hakupäivä 28.4.2022. <https://www.uusiteknologia.fi/2019/01/09/lapinakyva-aurinkokenno-auton-katoksi-tai-konepelliksi/>.
27. Oulun ammattikorkeakoulu 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.oamk.fi/fi/>.
28. Karelia Ammattikorkeakoulu 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://karelia.fi/en/front-page/>.

29. Metropolia ammattikorkeakoulu 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.metropolia.fi/fi>.
30. Satakunnan ammattikorkeakoulu 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.samk.fi/en/>.
31. LAB ammattikorkeakoulu 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://lab.fi/fi>.
32. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu 2022. Koulutusohjelmat. 3.5.2022. <https://www.xamk.fi/en/frontpage/>.
33. Turun ammattikorkeakoulu 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.turkuamk.fi/fi/>.
34. Jyväskylän ammattikorkeakoulu 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.jamk.fi/fi>.
35. LUT-yliopisto 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.lut.fi/fi>.
36. Turun yliopisto 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.tuni.fi/fi>.
37. Oulun yliopisto 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www oulu.fi/en>.
38. Vaasan yliopisto 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.uwasa.fi/en>.
39. Aalto-yliopisto 2022. Koulutusohjelmat. Hakupäivä 3.5.2022. <https://www.aalto.fi/fi>.
40. Woodbury, Richard 2018. How to power your home with renewable energy. Hakupäivä 5.5.2022. <https://www.cbc.ca/news/canada/nova-scotia/nova-scotia-off-grid-net-metered-options-solar-power-electricity-1.4515928>.
41. Ampforce 2022. Off grid solar pumps. Hakupäivä 5.5.2022. <https://www.ampforce.com.au/product/off-grid-solar-pumps/>.
42. Parabel GmbH 2012. Krughütte Luftaufnahme. Hakupäivä 5.5.2022. [https://en.wikipedia.org/wiki/Krugh%C3%BCtte\\_Solar\\_Park#/media/File:Krugh%C3%BCtte\\_Luftaufnahme\\_Parabel.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Krugh%C3%BCtte_Solar_Park#/media/File:Krugh%C3%BCtte_Luftaufnahme_Parabel.jpg).

43. Hiilineutraali-blogi 2020. Aurinkosähköjärjestelmien hinnat laskussa – kannattavuutta arvioitava käyttöajan puitteissa. Hakupäivä 14.11.2022. [https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Aurinkosahkojarjestelmien\\_hinnat\\_laskuss\(56958\)](https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Hiilineutraaliblogi/Aurinkosahkojarjestelmien_hinnat_laskuss(56958)).
44. Lähienergia 2022. Aurinkoenergia. Hakupäivä 14.11.2022. <https://lahienergia.org/lahienergia/aurinkoenergia/>.
45. Spinea oy 2022. Aurinkosähköratkaisut yrityksille. Hakupäivä 14.11.2022. <https://spinea.fi/tuotteet/aurinkosahko-aurinkopaneeli/>.
46. World Economic Forum 2018. Solar roofs could be the future of the car industry. Hakupäivä 14.11.2022. <https://www.weforum.org/agenda/2018/11/solar-roofs-could-be-the-future-of-the-car-industry/>.