



# Aurinkosähköjärjestelmä yhdistettynä spot- sähkösopimukseen

Toni Holma

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2023

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto  
Sähkövoimatekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Sähkövoimatekniikka

HOLMA, TONI

Aurinkosähköjärjestelmä yhdistettynä spot-sähkösopimukseen

Opinnäytetyö 34 sivua  
Kesäkuu 2023

---

Sähköкриisi nosti sähkön hinnan ennätyslukemiin vuonna 2022. Monet pientaloasujat ovat pyrkineet etsimään taloudellisesti parempia tapoja käyttää sähköä, ja monet haluavat myös kasvattaa omavaraisuutta. Aurinkopaneelien kysyntä on noussut tämän myötä ennätyslukemiin. Aurinkopaneelien avulla voidaan ekologisesti tuottaa sähköä omaan käyttöön, sekä myytäväksi verkkoon muiden käytettäväksi.

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, kuinka suuria taloudellisia hyötyjä spot-sähkösopimuksella ja aurinkopaneelilla olisi saavutettavissa omakotitaloon asennettuna. Lisäksi työssä selvitetään nykyaikaisten sähköautojen hyödyntämismahdollisuuksia aurinkopaneelien tukena.

Opinnäytetyö jakautuu teoriaosuuteen ja laskennalliseen osuuteen. Teoriaosassa käsitellään sähkösopimusta, aurinkosähköä ja sen kannattavuutta. Laskennallisessa osuudessa tarkastellaan omakotitalon sähkönkulutusta verrattuna todelliseen aurinkosähköjärjestelmään. Tutkimuksessa hyödynnettiin kulutuksen tarkastelussa Fingridin Datahub-palvelua ja aurinkopaneelien tuoton arvioinnissa Euroopan komission PVGIS-palvelua. Todellisten aurinkosähköjärjestelmien tuottoa tarkasteltiin Sunny Portalista saatujen tietojen avulla.

Tutkimustulokset osoittivat aurinkopaneelien takaisinmaksuajan olevan pitkä ja taloudellisen hyödyn olevan verrannollinen sähkön hintaan. Tutkimuksessa havaittuja jatkotutkimuskohteita ovat uuden V2G teknologian yhdistäminen talon energiataloudellisuuden parantamiseksi sekä sähkön spot-hinnan kehitys.

---

Asiasanat: aurinkosähköjärjestelmä, spot-sähkösopimus, energiavarasto

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering  
Power Engineering

HOLMA, TONI:  
Solar Power System Combined to Exchange Electricity

Bachelor's thesis 34 pages  
June 2023

---

The electricity crisis raised the price of electricity to record levels in 2022. Many small house dwellers have tried to find economically better ways to use electricity and many also wanted to expand their self-sufficiency. With the help of solar panels, you can produce electricity for your own use and for sale to the grid.

The aim of the thesis was to find out how big financial benefits could be achieved with a spot electricity contract and solar panels installed in a detached house. In addition, the work explored the possibilities of using modern electric cars as support for solar panels.

The thesis is divided into a theoretical part and a computational part. The theory part deals with the electricity contract, solar electricity and its profitability. The calculation part examines the electricity consumption of a single-family house compared to a real solar power system.

The research results showed that the payback period of solar panels is long, and the financial benefit is proportional to the price of electricity. Further research targets identified in the study are the integration of the new V2G technology to improve the energy efficiency of the house and the development of the spot price of electricity.

---

Key words: solar power system, exchange electricity, energy storage

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	Spot-sähkösopimus .....	6
	2.1 Nord pool .....	7
	2.2 Sähkön hinta .....	8
	2.3 Ylituotannon myynti.....	9
3	Aurinkovoima .....	11
	3.1 Aurinkokenno .....	12
	3.2 P-N-liitos .....	12
	3.3 Aurinkosähköjärjestelmän laitteisto .....	14
	3.4 Aurinkosähkön tuotto .....	16
4	Järjestelmän kannattavuus .....	18
	4.1 Takaisinmaksuaika.....	18
	4.2 Rahoitus.....	19
	4.3 Sähkön tarve ja kulutus.....	20
	4.4 Ylimääräisen energian myynti verkkoon.....	21
	4.5 Energiavarasto .....	21
	4.6 Sähköauto energiavarastona .....	21
5	Tutkimuskohde .....	24
	5.1 Esimerkki heinäkuu .....	29
	5.2 Esimerkki toukokuu .....	30
	5.3 Esimerkki syyskuu.....	30
	5.4 Aurinkosähköjärjestelmän elinkaaren taloudellinen hyöty .....	31
6	POHDINTA .....	32
	LÄHTEET.....	33

## 1 JOHDANTO

2020-luvulla energia- ja ympäristökysymykset ovat olleet isosti esillä yhteiskunnallisissa keskusteluissa. Viimeisen vuoden vähentyneestä sähkönkulutuksesta huolimatta pidemmällä vertailulla sähkön kulutuksen odotetaan kasvavan yhteiskunnan sähköistyessä hiilidioksidipäästöjen vähentämiseksi. Uusiutuva energia muodostaa nopeasti kasvavan osan Suomen energiantuotannosta ja erityisesti tuuli- ja aurinkovoimaan tullaan tulevaisuudessa panostamaan nollapäästötavoitteiden tukemiseksi. Aurinkopaneelit ovat hyvä lisä pienentämään talojen ja mökkien ilmastovaikutuksia sekä sähkölaskua. Sähkökriisin nostamat sähkön hinnat ovat saaneet ihmiset kiinnostumaan entistä enemmän aurinkosähköjärjestelmistä sekä tunneittain hinnoitelluista spot-sähkösopimuksista.

Opinnäytetyössä tarkastellaan aurinkopaneelien taloudellista hyötyä sekä spot-sähkösopimusten yhdistämistä aurinkosähköön. Työn avulla pyritään parantamaan käsitystä aurinkoenergiasta, sähkösopimuksista sekä nykyaikaisista energiaratkaisuista.

Työssä verrataan sähkölämmitteisen omakotitalon kulutusta aurinkosähköjärjestelmän tuottoon. Aurinkosähköjärjestelmän tuotantoluvut perustuvat todelliseen kohteeseen. Kulutuksen hinta ja aurinkosähköjärjestelmän ylituotannosta saatava hyöty lasketaan tunneittain vaihtelevan spot-hinnan mukaisesti. Saatujen tietojen perusteella pyritään arvioimaan aurinkosähköjärjestelmän kannattavuutta ja takaisinmaksuaikaa.

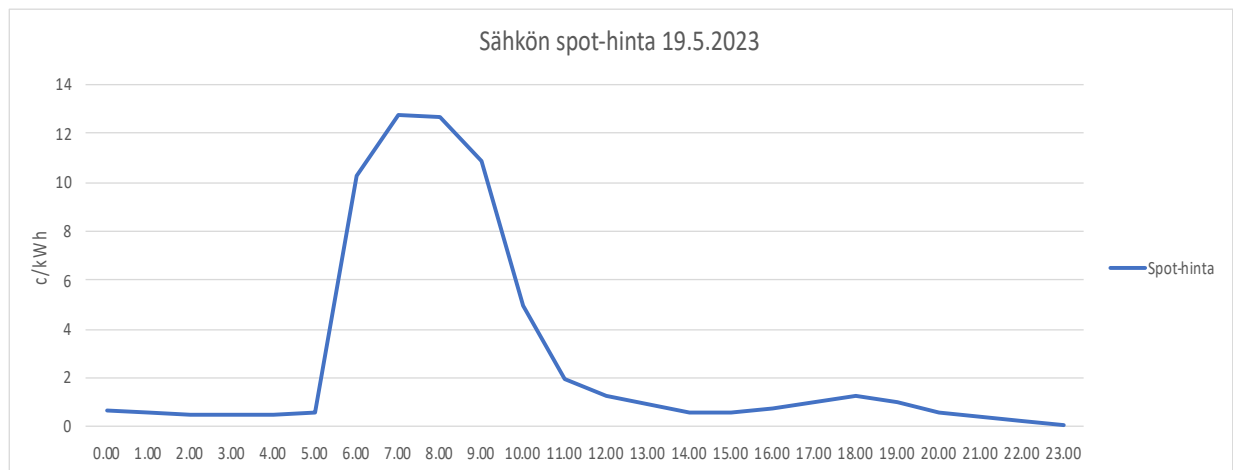
## 2 Spot-sähkösopimus

Spot-sähkösopimuksella tarkoitetaan tunneittain hinnoiteltua sähkösopimusta, joka tunnetaan kansankielellä yleisemmin pörssisähkönä. Tällaisessa sopimuksessa sähkön hinta määräytyy kysynnän ja tarjonnan mukaisesti. Esimerkiksi yöaikaan kulutus on yleensä vähäisintä, joten tällöin myös hinta on edullisin.

Muita sähkösopimustyyppejä ovat määräaikainen, toistaiseksi voimassa oleva ja kiinteähintainen. Määräaikaisella sopimuksella sähkön saa kiinteällä kWh hinnalla. Sopimusajat määräaikaisilla sopimuksilla ovat useimmiten 12–36 kuukautta. Tällaisen sopimuksen purkuun kelpaa syyksi useimmiten vain muutto toiseen osoitteeseen, joissain tapauksissa sopimuksen voi purkaa myös sopimussakon maksamalla. Toistaiseksi voimassa olevan sopimuksen kiinteä hinta päivittyy neljästi vuodessa ja siinä on 14 päivän irtisanomisaika. Näiden lisäksi on kiinteällä kuukausihinnalla määritellyjä paketteja, jotka ovat useimmiten suunnattu kerrostalo- tai rivitaloasujille. Määrätyn kilowattituntimäärän ylittyessä peritään sopimuksen mukainen lisähinta ylittävältä osuudelta.

Spot-sähkösopimukset ovat sähkön myyjien kannalta riskittömämpiä kuin kiinteällä hinnalla rajatut määräaikaiset sopimukset. Sähkön markkinahinnan noustessa edullinen kiinteähintainen sopimus voi tuottaa tappiota sähkön myyjille. Spot-sähkösopimuksessa sen sijaan sähkö ostetaan pörssistä ja myydään vastaavalla hinnalla kuluttajalle, lisäten hintaan oma välityspalkkio. Tästä syystä määräaikainen sähkösopimus ei ole lähtökohtaisesti edullisempi kuin pörssi-sähkö. Sähkøyhtiö pyrkii aina tekemään voittoa, joten määräaikaisten sopimusten hintoihin pyritään huomioimaan kaikki uhkakuvat ja sen takia kiinteähintaisen sopimuksen on oltava kalliimpi kuin spot-sähkösopimus. Positiivisena puolena määräaikaisissa sopimuksissa on sähkölaskun ennakoitavuus. Spot-sopimuksen voi irtisanoa 14 päivän irtisanomisajalla.

Alla olevan kuvien (kuva 1 ja 2) kuvaajat kuvaavat X-akselilla kellonaikaa ja Y-akselilla hintaa c/kWh. Hinnat ovat Nord Pool Groupin ilmoittamia hintoja, joihin on lisätty arvonlisävero. Arvonlisävero toukokuussa on 24 % ja joulukuussa se oli laskettu väliaikaisesti 10 prosenttiin.



KUVA 1. Sähkön spot-hinta 19.5.2023 sisältäen arvonlisäveron (Nordpool n.d.)



KUVA 2. Sähkön spot-hinta 12.12.2022 sisältäen arvonlisäveron (Nordpool n.d.)

Kyseisellä sopimusmallilla on myös negatiiviset puolensa. Suomen sähkömarkkinamallissa asetettu hintakatto on 4000 euroa megawattitunnilta. Tämä tarkoittaa, että sähkön hinta voisi nykyisellä hinnoittelumallilla pahimmassa tapauksessa nousta jopa 4 euron kilowattitunnin hintaan (Lindholm 2022). Vastapainoisesti esimerkiksi tuulisina päivinä energian kulutuksen ollessa maltillista on hinta painunut nolnaan tai jopa negatiiviseksi.

## 2.1 Nord pool

Nordpool on useassa Euroopan maassa toimiva sähköpörssi. Luomalla läpinäkyvän ja avoimen markkinapaikan Nord Pool on mahdollistanut sähköntuottajien ja kuluttajien reaaliaikaisen sähkökaupan kysynnän ja tarjonnan vaatimusten

perusteella. Toiminta perustuu tarjousjärjestelmään, jossa markkinaosapuolet ilmoittavat myyntimahdollisuutensa ja ostotarpeensa. (Nordpool n.d.)

Nord pool on edistänyt alan kilpailua, innovaatioita ja kestävyyttä sekä mahdollistanut rajat ylittävän sähkökaupan. Pohjoismaiden ja Baltian maiden yhteen liitetyt sähköverkot mahdollistavat sähkön liikkumisen maiden välillä ja yhteinen sähköpörssi mahdollistaa yhteisen hinnan muodostamisen. (Nordpool n.d.)

## 2.2 Sähkön hinta

Sähkön kokonaishinta muodostuu kolmelle erilliselle toimijalle maksettavista maksuista. Sähkøyhtiöltä ostetun sähkön hinta muodostuu spot-sopimuksessa sähkøyhtiön kiinteästä kuukausimaksusta, spot-hinnasta sekä sähkøyhtiön marginaalihinnasta. Sähköverkon omistavalle sähköverkkoyhtiölle maksetaan sähkönsiirtomaksua toimitetusta sähköstä. Valtiolle maksetaan sähköstä arvonlisäveroa, sähköveroa sekä huoltovarmuusmaksua. 2022–2023 ennustetun sähkökriisin vuoksi sähkön arvonlisävero pienennettiin 24 prosentista 10 prosenttiin joulukuun 2022 ja huhtikuun 2023 väliseksi ajaksi (Verohallinto 2022).

Sähkön keskihinta on vuoden 2022 aikana ollut ennätysellisen korkea. (Tilastokeskus 2023) Tämä vaikuttaa suuresti myytävästä sähköstä saatuun hyötyyn. Alla olevassa taulukossa (taulukko 1) listattuna sähkön spot-hintojen kuukausittaiset keskiarvot yli neljän vuoden ajalta. (Nordpool n.d.) Hintoihin on laskettu mukaan arvonlisävero, joka on ollut 24 %, pois lukien keltaisella merkatut kohdat, joissa arvonlisävero on ollut 10 %. Lukujen yksikkönä on käytetty snt/kWh.

TAULUKKO 1. Sähkön spot-hintojen kuukausittaiset keskiarvot

Kuukausi	2019	2020	2021	2022	2023
Tammi	6,92	3,37	6,35	13,23	8,66
Helmi	5,80	3,05	7,08	10,05	8,81
Maalis	4,96	2,53	4,76	10,72	8,16
Huhti	5,14	2,46	4,56	9,84	8,50
Touko	4,94	2,41	5,70	16,45	7,25
Kesä	3,81	3,50	6,96	17,37	4,50
Heinä	5,69	2,51	9,77	22,83	4,80
Elo	6,05	5,03	8,46	32,42	6,14
Syys	6,05	4,69	11,07	26,66	7,70
Loka	5,74	3,85	8,04	14,07	9,80
Marras	5,67	3,42	10,65	24,22	10,0
Joulu	4,76	4,87	23,98	27,06	

Sähkön hintaa ennakoivat futuurit antavat viitteitä mahdollisista tulevista hinnoista. Arviot kuitenkin vaihtelevat jatkuvasti ja hintojen ennustaminen on tällä hetkellä haastavaa epävakaan markkinatilanteen vuoksi. Taulukossa on turkoo-silla merkattu Nasdaqin (n.d.) johdannaispörssien perusteella luodut tulevien kuukausien hinta-arviot. Arvioiden mukaan sähkön spot-hinnan keskiarvo on vuonna 2023 touko-marraskuussa 4,5–10,0 c/kWh sisältäen 24 % arvonlisäve-ron. Alimmillaan hinta olisi kesäkuussa ja korkeimmillaan marraskuussa. Tuo-reimpien arvioiden mukaan sähkön keskihinta ei nousisi enää yhtä korkealle kuin loppuvuodesta 2022.

### 2.3 Ylituotannon myynti

Kaikilla sähköverkkoon kytketyillä aurinkosähköjärjestelmillä täytyy olla ostosopi-mus sähköyhtiön kanssa ylituotettua sähköä varten. Ylituotetun sähkön syöttö verkkoon on kielletty, ellei ole tehnyt sähköyhtiön kanssa ostosopimusta. Aurin-kopaneelien tuottaman sähkön voi myydä valitsemalleen sähköyhtiöille. Kaikki sähkön vähittäismyyjät eivät kuitenkaan osta sähköä. Ylijäämästä makse-taan useimmiten veroton spot-hinta, jolloin myytävän sähkön hinta määräytyy tunneittain, kuten spot-sähköso-pimuksessa. Pientuotannosta, eli alle 100 kVA

aurinkosähköjärjestelmistä, myytävästä sähköstä ei joudu maksamaan sähkönsiirtomaksua eikä veroa, jos kulutus on vuositasolla suurempaa kuin tuotanto. (Komparate 2023)

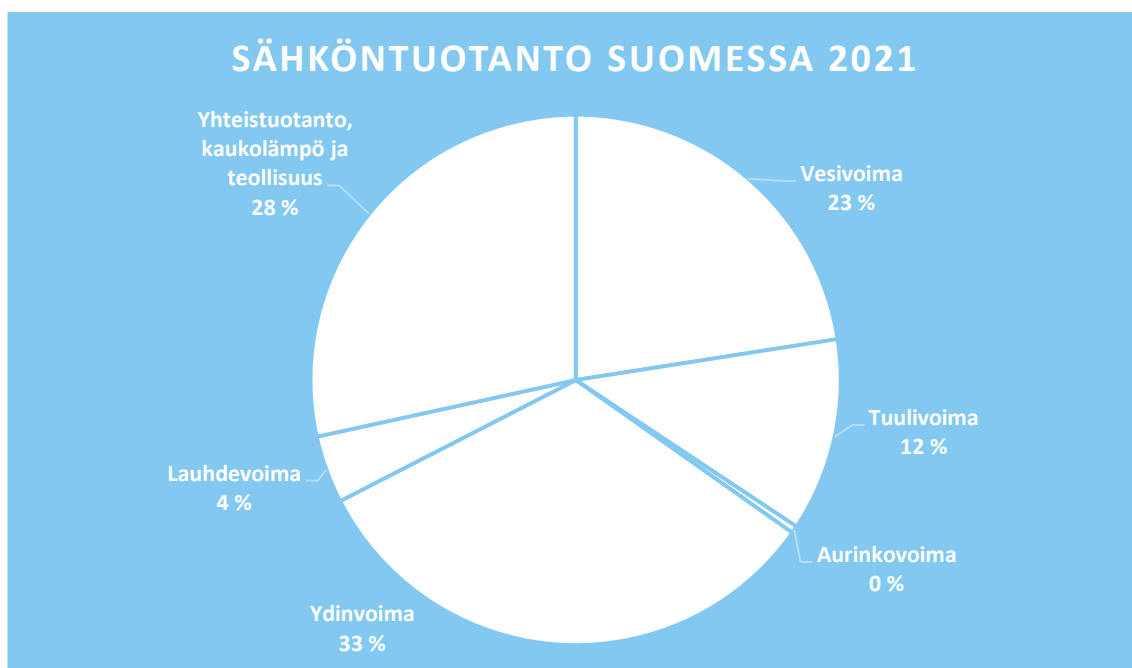
Taulukossa 2 on esitetty eri sähköyhtiöiden myytävästä sähköstä veloittamia summia huhtikuussa 2023. Sähköyhtiöillä on myös erilaisia käytäntöjä hyvityksien maksusta. Esimerkiksi Fortum voi hyvittää summat sähkölaskussa tai pankkitilille, Väre hyvittää summan tilille kerran vuodessa ja Vattenfall ostaa sähköä ainoastaan tuottajilta, joilla on voimassa oleva sähkösopimus Vattenfallin kanssa. Oomi sen sijaan ei veloita sähkösopimusasiakkailtaan kyseisiä maksuja. (Komparate 2023)

TAULUKKO 2. Sähköyhtiöiden ostosähköstä veloittamia maksuja

Sähköyhtiö	Välityspalkkio (c / kWh)	Kuukausimaksu
Fortum	0,24	0
Väre	0,20	0
Vattenfall	0,30	0
Oomi	0,12	2,90 €
Oomi, sopimusasiakas	0	0

### 3 Aurinkovoima

Suomen kantaverkkoyhtiö Fingridin sähköjärjestelmävisio ennakoii tulevaisuuden skenaariossaan todella merkittäviä muutoksia tähänhetkiseen sähköjärjestelmään. Aurinkovoiman tuotantokapasiteetin odotetaan kymmenkertaistuvan lähivuosina. Kaavio 1 osoittaa aurinkovoiman olleen kokonaistuotannon kannalta hyvin pientä vuonna 2021. Kaavion tiedot perustuvat Tilastokeskuksen (Tilastokeskus n.d.) keräämään dataan. Merkittävä osuus aurinkovoimasta tuotetaan kotitalouksien aurinkopaneeleilla. Fingrid ennustaa aurinkosähkökapasiteetin nousevan kesällä 2023 800 megawattiin ja vuonna 2030 jo yli 7000 megawattiin (Fingrid 2022). Suomessa aurinkovoima ja tuulivoima täydentävät kesäisin toistensa tuotantoa. Aurinkosähkön kannalta parhaina päivinä ei useimmiten ole tuulista ja tuulivoiman tuottoisimpina päivinä ei ole yleensä aurinkoista.



KAAVIO 1. Sähköntuotannon jakautuminen eri tuotantomuotojen välillä vuonna 2021

Aurinkopaneeleiden asennusmäärän kasvaessa myös kilpailu- ja kuluttajavirasto on saanut entistä enemmän valituksia aurinkosähköjärjestelmistä sekä niiden asennuksista. Ongelmia on ilmennyt uusien asennusten kanssa sekä vanhojen järjestelmien vikojen vuoksi. Uusien paneelien kohdalla ongelmia ovat aiheuttaneet toimitusviivästykset, ylihinnottelu ja painostava myyntityö. Kovan kysynnän

vuoksi paneeleita myyvien ja asentavien yritysten määrä on kasvanut huomattavasti. Osalla yrityksistä ammattitaito ei ole riittävä, koska alalla on pula asentajista. (Pantsu 2023)

### 3.1 Aurinkokenno

Aurinkopaneelilla tarkoitetaan aurinkokennoista muodostuvaa laitetta, jolla muutetaan auringon säteilyenergiaa sähköksi. Aurinkokennoja on erityyppisiä ja ne eroavat toisistaan ominaisuuksiltaan ja hinnaltaan. Yleisimmin aurinkokennot on valmistettu yksikiteisestä tai monikiteisestä piistä. Näiden lisäksi on ohutkalvotekniikalla, CIGS- ja CdTe-kennoja. Kaikille aurinkokennoille on kuitenkin voimassa kaksi vaatimusta. Ensimmäinen on, että auringonsäteilyn tulee virittää varauksia aurinkokennomateriaalissa. Toinen vaatimus on, että aurinkokennon rakenne estää virittyneiden varausten palaamisen alkuperäiseen tilaansa. (ST 40 2021, 12.)

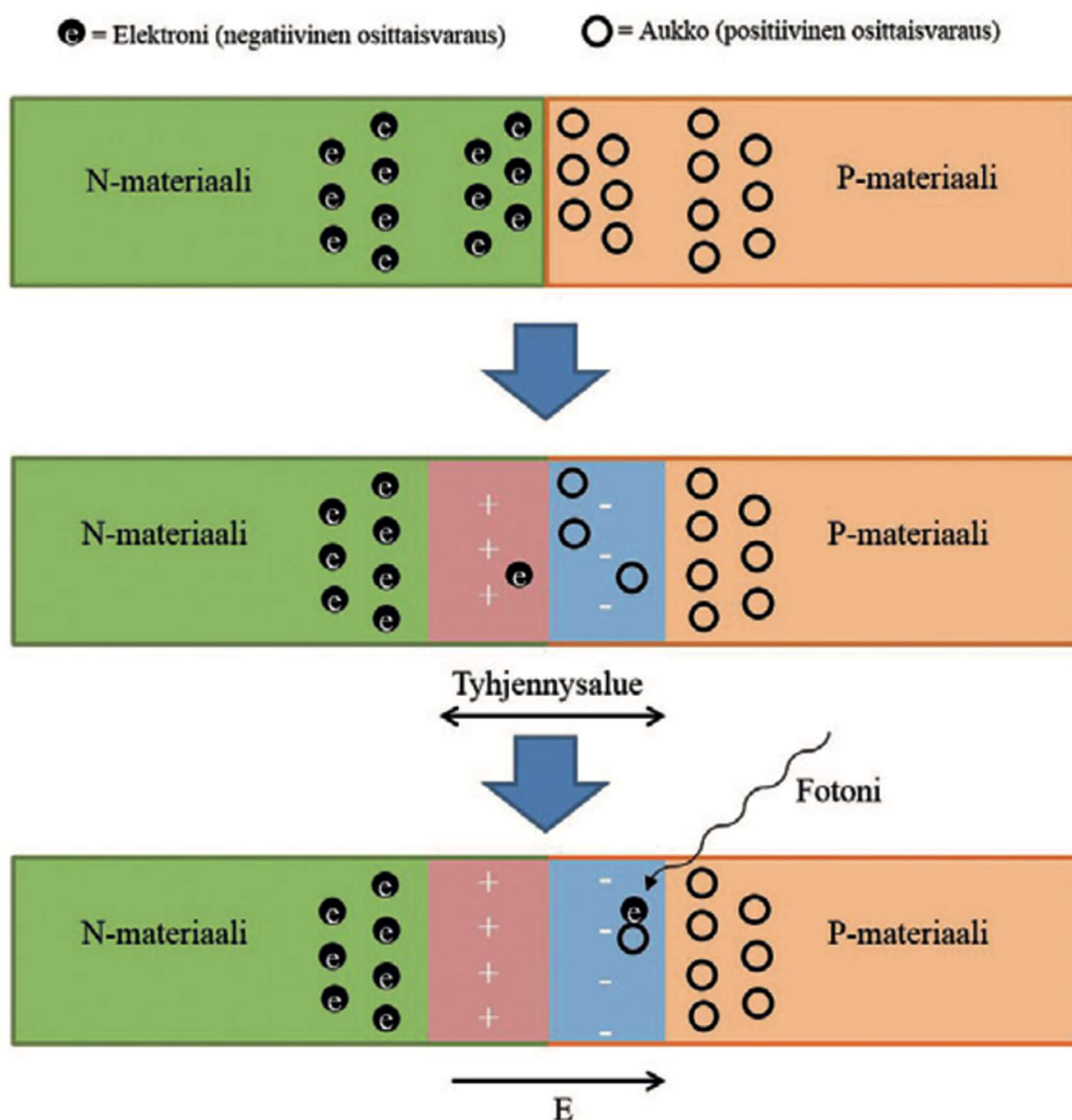
### 3.2 P-N-liitos

Puolijohteet ovat sellaisia alkuaineita ja yhdisteitä, jotka johtavat virtaa heikommin kuin johteet, mutta paremmin kuin eristeet. Puolijohteita käytetään esimerkiksi diodeissa, LED-valoissa, transistoreissa ja aurinkokennoissa. Puolijohteita voidaan seostaa esimerkiksi fosforilla, jolloin materiaalin muodostuu ylimääräisiä varauksenkuljettajia ja materiaalille saadaan parempi johtavuus kuin pelkällä puolijohteella. Tällä tavalla varautunutta materiaalia kutsutaan N-materiaaliksi. Seostamalla puolijohdetta esimerkiksi alumiinilla aineeseen muodostuu aukko, joka voidaan käsitellä ylimääräisenä positiivisena varauksena. Tällä tavalla positiivisesti varautunutta materiaalia kutsutaan P-materiaaliksi. (ST 40 2021, 10–11.)

P-n-liitoksessa liitetään fysikaalisesti toisiinsa p-tyyppinen ja n-tyyppinen puolijohdemateriaali. Liitoksessa elektronit pystyvät kulkemaan vapaana materiaalista toiseen ja aukon kohdatessaan ne pystyvät yhdistymään aukon kanssa. Vastavasti myös aukot voivat kulkea vapaasti materiaalista toiseen ja elektronin kohdatessaan aukot voivat yhdistyä aukon kanssa. P-N-liitoksen lähellä on niin sanottu tyhjennysalue, jossa ei ole enää varauksenkantajia johtuen niiden

yhdistymisestä liitospinnan lähellä. N-tyyppisen materiaalin puolelle liitospintaa muodostuu positiivinen varaus ja P-tyyppisen materiaalin puolelle negatiivinen. Täten liitoksen tyhjennysalueelle muodostuu materiaalin sisäinen sähkökenttä. (ST 40 2021, 10–11.)

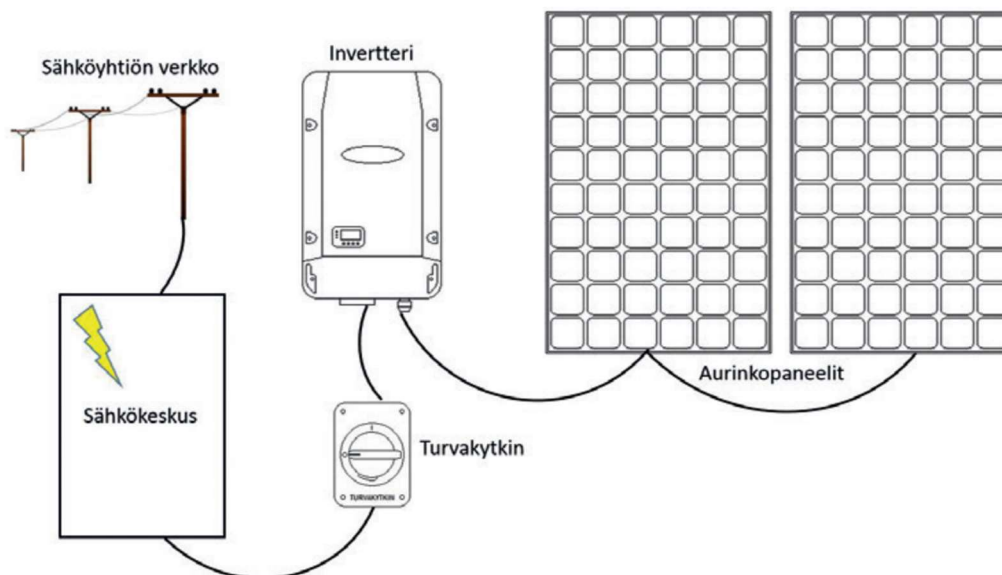
Auringon säteilystä tuleva fotoni virittää puolijosteessa olevan elektronin ja saa sen liikkumaan, muodostaen uuden elektroniaukkoparin. Aurinkokennon sisäinen sähkökenttä saa elektronin liikkumaan N-aineeseen ja aukon P-aineeseen. Fotonin virittämän elektronin erotessa aukosta, sisäinen sähkökentän johdosta ei tapahdu näiden yhdistymistä ja täten syntyy sähkövirta. Elektroni-aukkoparista syntyvä sähkövirta kulkee sähköjohtimia pitkin sähköpiiriin. Kuva 3 kuvaa P-N-liitoksen muodostumista vaiheittain. (ST 40 2021, 10–11.)



KUVA 3. P-N-liitos vaiheittain (ST 40 2021, 11.)

### 3.3 Aurinkosähköjärjestelmän laitteisto

Sähköverkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä koostuu aurinkopaneeleista, invertteristä ja turvakytkimestä, jotka liitetään kiinteistön sähkökeskukseen ja sen kautta sähköverkkoon (kuva 4).

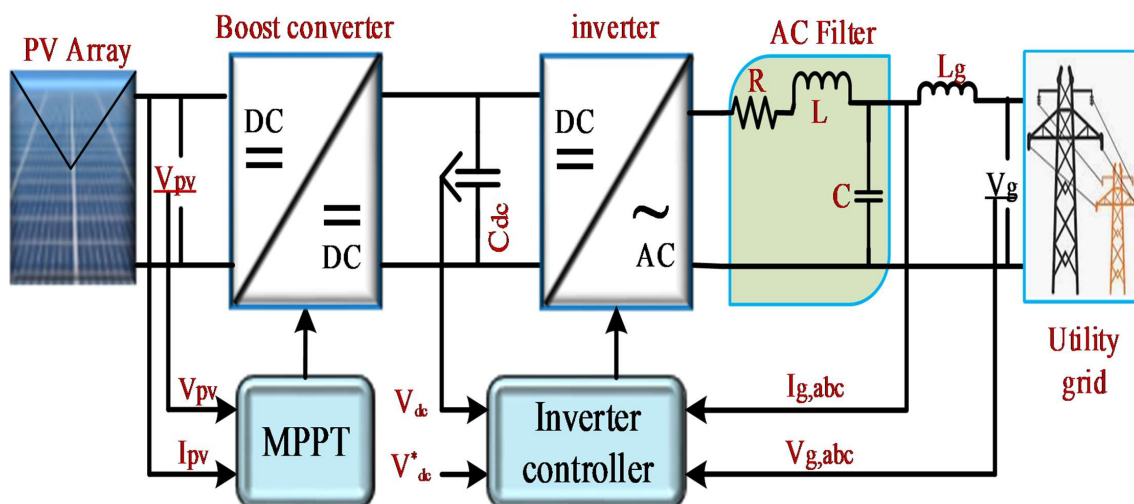


KUVA 4. Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän laitteiden periaate (ST 40 2021, 50)

Invertteri-termistä on muodostunut yleisnimitys kaikille keskuslaitteille, joihin aurinkopaneelit liitetään. Sillä saatetaan tarkoittaa verkkoonliityntälaitetta, vaihtosuuntaajaa, varaajavaihtosuuntaajaa tai akkusäädintä, kokoonpanosta riippuen. Invertterit ovat yleisesti aurinkosähköjärjestelmien laitteita, joihin keskitetään järjestelmän tärkeimmät toiminnot. Verkkoon kytketyssä laitteistossa sillä tarkoitetaan usein vaihtosuuntaajaa, joka muuttaa aurinkopaneelien tuottaman tasavirtaa vaihtosähköksi. Vaihtosähköksi muuntamisen jälkeen aurinkosähköjärjestelmä voidaan kytkeä osaksi kiinteistön sähköistystä sekä liittää valtakunnalliseen sähköverkkoon. (ST 40 2021, 57.)

Kuva 5 näyttää esimerkitapauksen verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän teknisistä ratkaisuista. Aurinkopaneeleista virta kulkee maksimitehopisteen seurantasäätimen eli MPPT-säätimen kautta tehohakkurilähteelle, siitä vaihtosuuntaajalle, edeten vaihtosähkösuodatuksen kautta käytettäväksi sähköksi. DC-välipiirin kondensaattorit kytketään aurinkosähköjärjestelmän lähtöliittimeen ja

lähdestä tulee vaihtosuuntaajajärjestelmän tulojännite. Hakkuriteholähteen ja MPPT-säätimen avulla aurinkosähköjärjestelmästä saadaan otettua suurin käytävissä oleva teho. Vaihtosuuntauksen ja RLC-suodatuksen jälkeen sähköä voidaan käyttää kiinteistön tai verkon syöttämiseen.



KUVA 5. Verkkoon kytketyn aurinkosähköjärjestelmän kaavio (Schemantic scholar 2020)

Invertterien tehot vaihtelevat useimmiten 3–27 kW välillä ja kuluttaja-asiakkailla yleisin on 3 kW ja 5 kW. Invertteri määrittää paneelien verkkoon syöttämän maksimitehon. Asennuspaikka voi olla ulkona (kuva 6) tai sisällä. (ST 40 2021, 57.)



KUVA 6. Ulos asennettu Froniuksen invertteri, jonka oikealla puolella DC-turvakytkin ja virtakytkin (Avitor Sähkö n.d.)

### 3.4 Aurinkosähkön tuotto

Kuluttajat ostavat aurinkosähköjärjestelmiä useimmiten kolmesta syystä. Osalle tärkeänä lähtökohtana on ympäristönäkökulma, toisille sähköomavaraisuuden lisääminen ja joillekin taloudellinen näkökulma. Yleisimmät kysymykset liittyvät siihen, paljonko aurinkosähkön tuotanto on vuositasolla, paljonko ostosähköstä maksetaan sähköyhtiölle ja paljonko sähköyhtiö hyvittää ylituotannosta verkkoon myytäessä.

Aurinkopaneelit tuottavat suurimman osan sähköstä maaliskuun ja syyskuun välisenä aikana. Tällä välillä tuotetaan 60–70 % koko vuoden tuotannosta. Lokakuun ja helmikuun välisenä aikana tuotetaan noin 20–30 % vuoden aikana tuotetusta sähköstä. Marraskuun puolivälin ja helmikuun puolivälin välisenä aikana ei tuoteta sähköä käytännössä ollenkaan. (Keravan Energia 2022)

Useimmat kotitalouksissa olevat aurinkosähköjärjestelmät ovat nimellisteholtaan alle 8 kilowattia. Sähköverkkoyhtiöt voivat vaatia erillisen lupakäsittelyn ennen kytkentäluvan antamista. Esimerkiksi Elenia vaatii tarkemman lupakäsittelyn huipputehoiltaan yli 6,9 kW järjestelmille ennen kytkentäluvan antamista. Ylimoitettu järjestelmä saattaisi vaatia muutoksia sähköverkkoon, jotta kyseisestä järjestelmästä voidaan myydä sähköä markkinoille. (Elenia n.d.)

## 4 Järjestelmän kannattavuus

Järjestelmän taloudellinen kannattavuus riippuu sähkön hintatasosta. Aurinkopaneelien takaisinmaksuajoksi ilmoitetaan useimmiten noin 10–20 vuotta (Väre 2020). Vasta tämän jälkeen paneelit alkavat tuottaa voittoa omistajalleen. Spot-sähkösopimuksella ylituotantona myytävästä sähköstä saa selvästi ostosähköä alhaisemman hyvityksen. Tämän osuutta on vaikea ennakoida takaisinmaksuaikaa laskiessa, mutta yleisesti ylituotantoa syntyy, koska järjestelmiä on vaikeaa optimoida täydelliseksi. Aurinkopaneelien teknisenä käyttöikä pidetään yleisesti noin 30–40 vuotta ja invertterin käyttöikä 15–20 vuotta. Aurinkosähköjärjestelmän elinkaaren aikana joutuu siis vaihtamaan invertterin ainakin kerran. Invertterien hinnat vaihtelevat 1000–4000 euron välillä.

### 4.1 Takaisinmaksuaika

Aurinkosähköjärjestelmien hankintahintojen vertailu on haastavaa, koska useimmat järjestelmiä tarjoavat yritykset neuvottelevat hinnat kohdekohtaisesti. Seuraavassa esimerkissä on laskettu vuonna 2021 toteutetun ”avaimet käteen”-urakan hinta. Kyseisessä tapauksessa työn kustannus oli 2600 € ja materiaalikustannukset 3900 € eli yhteensä 6500 €. Työn osuudesta voi hakea kotitalousvähennyksenä 40 %, jolloin työn hinta laskee 1560 euroon ja kokonaissumma täten 5460 €. (Urakkamaailma n.d.)

Koska ylituotantona myytävästä sähköstä maksettava hyvitys on ostosähkön hintaa alhaisempi, olisi taloudellisesti kannattavinta kuluttaa kaikki tuotettu sähkö itse. Lasketaan 5 kW aurinkosähköjärjestelmän vuosittainen taloudellinen tuotto, jossa vuosituotanto olisi 4160 kWh (kaava 1).

$$\text{vuosituotanto} * \text{sähkön hinta (sis. siirto ja verot)} = \text{vuoden rahallinen tuotto (1)}$$

Sähkön tulevaa hintaa ei pysty ennustamaan tarkasti, joten lasketaan takaisinmaksuaikaa useammalla hinnalla. Alla on sijoitettuna kaavaan 1 eri sähkön hintoja aurinkopaneelien 4160 kWh vuosituotannolla laskettuna:

$$4160 \text{ kWh} * 0,08 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 332,80 \text{ €}$$

$$4160 \text{ kWh} * 0,10 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 416 \text{ €}$$

$$4160 \text{ kWh} * 0,15 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 624 \text{ €}$$

$$4160 \text{ kWh} * 0,20 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 832 \text{ €}$$

Takaisinmaksuaikaa voi laskea jakamalla paneelien hinta vuosittaisella rahallishyödyllä. Yllä olevilla sähkön hinnoilla takaisinmaksuajaksi saataisiin kotitalousvähennyksen jälkeen noin 6,5–16,5 vuotta. Kyseinen tilanne ei kuitenkaan useimmiten vastaa todellisuutta, koska ylituotannosta maksettava summa on selvästi vähemmän kuin ostosähkön hinta. Harvat järjestelmät on optimoitu siten, ettei ylituotantoa koskaan syntyisi.

## 4.2 Rahoitus

Koska aurinkosähköjärjestelmät ovat kalliita, monet ottavat niille rahoituksen. Jos aurinkosähköjärjestelmän ostaa lainarahalla, jossa on korkea korko, on takaisinmaksuaika vieläkin pidempi. Tyypillinen lainasumma omakotitalon aurinkosähköjärjestelmälle on 6500–10 000 euroa.

Lasketaan kaksi esimerkkiä Osuuspankin lainalaskurilla. Ensimmäisenä esimerkkinä joustoluotto, jonka korkoprosentti on 11,41 %, viitekorkona 3kk Euribor ja todellinen vuosikorko 14,2 %. Kolmen vuoden maksuajalla 6500 euron summan kuukausierä olisi 225 €/kk. Kokonaiskustannus olisi 7890 euroa eli aurinkosähköjärjestelmän hinta olisi rahoituksen myötä kasvanut 1390 euroa. (Osuuspankki n.d.)

Toisena esimerkkinä laskelma 10 000 euron lainalle. Kolmen vuoden maksuajalla tämä tarkoittaisi 340 euron kuukausierää. Todellinen vuosikorko olisi Täsmäluotolla 13,4 %. Esimerkin kokonaiskustannus 12040 € eli rahoituksen osuus on 2040 €. (Osuuspankki n.d.)

Rahoitus lisäisi ensimmäisen esimerkin aurinkosähköjärjestelmän takaisinmaksuajan pituutta aiempien laskelmien perusteella noin 1 v 8kk – 4 v 2kk. Jälkimmäisessä esimerkissä takaisinmaksuaika pidentyisi noin 2 v 5kk – 6 v 2kk. Lainan kokonaiskustannuksiin vaikuttaa myös euroalueen rahamarkkinoiden viitekoron eli Euriborin kehittyminen.

### **4.3 Sähkön tarve ja kulutus**

Huolimatta hetkellisestä sähkönkulutuksen pienenemisestä, suomalainen kantaverkkoyhtiö Fingrid ennustaa erittäin voimakasta sähkönkulutuksen kasvua. Ennusteen mukaan sähkön kulutus voi jopa kaksinkertaistua vuoteen 2035 mennessä. Tähän vaikuttavat mm. teollisuuden prosessien energianlähteiden muutokset, fossiilisten polttoaineiden korvaaminen rakennusten erillislämmityksissä sekä kaukolämmössä. (Fingrid 2022)

Suosittelavan kokoinen aurinkosähköjärjestelmä tuottaa noin 20–35 % pientalon vuosittaisesta sähkönkulutuksesta. (Keravan Energia 2022) Käytännössä aurinkopaneeleista saatu tuotto on tuhansia kilowattitunteja vuodessa, vaihdellen käytössä olevien aurinkopaneelien määrän mukaan. Kuten aiemmin mainittu, aurinkopaneelit tuottavat sähköä tehokkaimmin maaliskuusta marraskuuhun. Ajallisesti paras tuotto osuu päiväaikaan, mutta kulutus voi jakaantua laajemmin päivälle ja erityisesti aamu- sekä ilta-ajoille. Useimmiten suurimman taloudellisen hyödyn aurinkopaneeleista saa, jos pystyy käyttämään itse tuotetun sähkön. Spot-sähkö sopii aurinkoisina kesäpäivinä hyvin aurinkovoimalan kanssa. Päivisin tuotetaan käytettävää energiaa ja yöaikaan sähkö on edullista ostaa. Suurimman sähköntarpeen aikaan, eli talvella tilanne on kuitenkin haastavampi. Tällöin aurinkopaneelit eivät juurikaan tuota sähköä ja myös pörssisähkö on tällöin kalliimpaa.

#### **4.4 Ylimääräisen energian myynti verkkoon**

Aurinkopaneelien tuottama sähkö täytyy joko käyttää tuottohetkellä, varastoida energiavarastoon tai myydä sähköverkkoon. Verkkoon myydessä sähköyhtiö maksaa sovitun korvauksen tuotetusta sähköstä. Sähkökriisin alkaessa verkkoon myynti oli hyvinkin kannattavaa, koska sähkön hinta nousi vuodenaikaan nähden huomattavan korkeaksi. Verkkoon myytävästä sähköstä ei tarvitse maksaa sähkönsiirtomaksua.

#### **4.5 Energiavarasto**

Aurinkopaneelien kannattavuutta voidaan parantaa varastoimalla tuotettua sähköä energiavarastoon. Näin saadaan tasattua tuotetun energian ja kulutettavan energian kuilua. Akkujärjestelmien ongelmana on usein hinta. Akut itsessään ovat kalliita ja niiden hyödyn takaisinmaksuaika on pitkä.

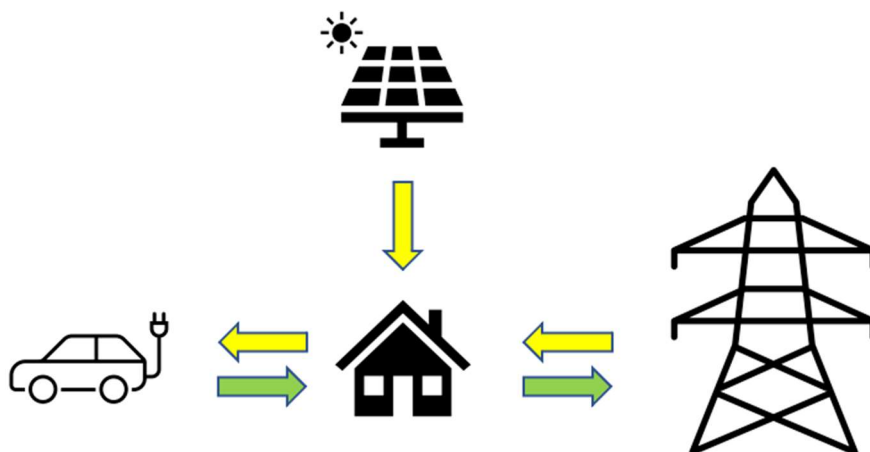
Nykyteknologia mahdollistaa kuitenkin esimerkiksi joidenkin sähköajoneuvojen käyttämisen akkuvarastona. Auton ollessa käyttämättömänä akkua saadaan ladattua aurinkoenergialla ja hyödynnettyä ladattua energiaa paneelien tuoton ollessa alhaisempi. Täten pystytään toteuttamaan teho-omavaraisuutta ilman erillisen energiavaraston hankintaa.

#### **4.6 Sähköauto energiavarastona**

Uusien sähköautojen ajomatkaa pyritään jatkuvasti pidentämään ja tämän myötä myös akkukapasiteetit ovat monessa autossa kasvaneet. Esimerkiksi V2G teknologiaa tukevan Volvo EX90:n akkukapasiteetiksi on ilmoitettu 111 kWh (Volvo n.d.). Kyseinen energiamäärä riittäisi nykyaikaisessa omakotitalossa helposti useamman vuorokauden sähkönkulutuksen kattamiseen. Uutta teknologiaa tukevia autoja on vielä rajallisesti markkinoilla, mutta tulevaisuudessa niiden tuotanto ja kysyntä tulevat kasvamaan. Jo tällä hetkellä useat automerkit pyrkivät kehittämään teknologiaa omiin autoihinsa. (Nordic Plug 2022)

Vehicle to grid, lyhennettynä V2G, tarkoittaa sähköajoneuvon pystyvän syöttämään sähköä takaisin sähköverkkoon. Kuva 7 havainnollistaa ostettavaa ja aurinkopaneeleilla tuotettua sähköä keltaisilla nuolilla ja sähköautosta syötettävää sähköä vihreillä nuolilla. Sähköverkosta ostettavaa sähköä tai aurinkopaneelien tuotantoa voidaan käyttää kiinteistössä ja sähköauton lataukseen. V2G-tekniologiaa tukevalla sähköautolla voidaan syöttää kiinteistön sähköjärjestelmää tai vaihtoehtoisesti syöttää sähköä verkkoon.

Aurinkosähköjärjestelmään yhdistettynä tällainen järjestelmä tarvitsee kaksisuuntaiseen lataukseen soveltuvan latauslaitteen sekä kodin sähköjärjestelmän muuttamisen järjestelmää tukevaksi. V2G ajoneuvoja voidaan lisäksi hyödyntää energiantuotannon tasapainottamisessa. Verkkoon syöttäviä latausasemia on tällä hetkellä maailmanlaajuisesti vielä vähän. Tulevaisuudessa myös sähköautojen merkitys sähköverkon tasapainottamisessa kasvaa. Tuuli- ja aurinkovoimailoiden yleistyessä sähköajoneuvoja voidaan hyödyntää tasaamaan verkon kuormia sekä häiriötilanteissa tai häiriöiden ennaltaehkäisyssä. (Virta 2019)



Kuva 7. V2G teknologian havainnointikuva, jossa kuvataan järjestelmän osien suhteita toisiinsa

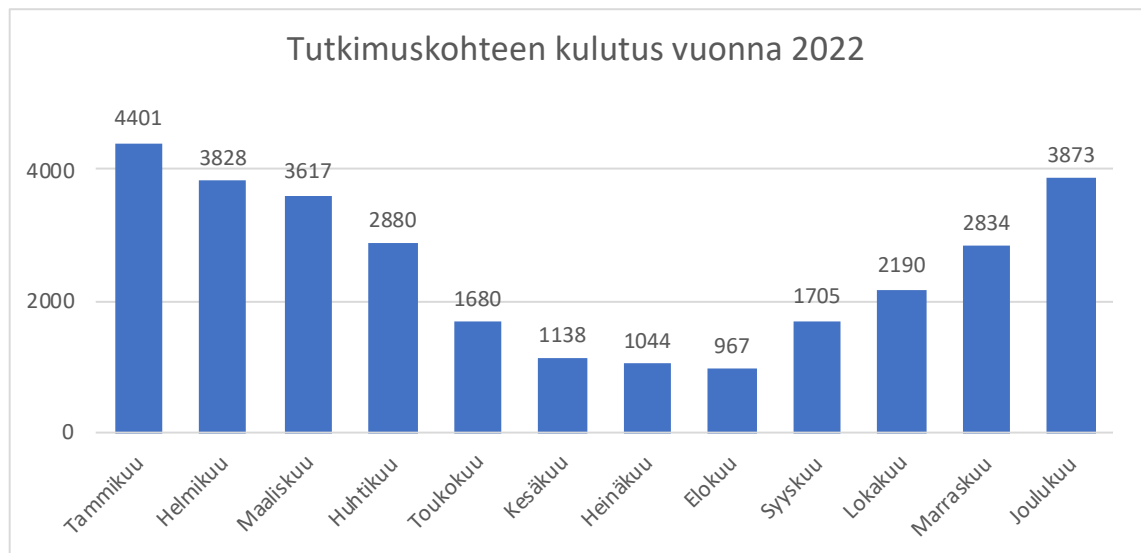
V2L on lyhenne sanoista vehicle-to-load, mikä tarkoittaa autosta virran ulosottoa. V2L ajoneuvoissa tekniikka on huomattavasti yksinkertaisempaa, koska se ei vaadi erillistä kaksisuuntaista laturia toimiakseen. Ajoneuvon järjestelmässä on sisäänrakennettuna kaksisuuntainen laturi ja vaihtovirtapistorasias, jolla voi

käyttää tavallisia verkkovirtapistorasianaan kytkettäviä laitteita. Tämän lisäksi kyseisen tyyppisellä ajoneuvolla voi ladata myös toisia sähköajoneuvoja. (Virta 2019)

V2G teknologiaa kanssa voidaan siis laajasti hyödyntää aurinkopaneeleiden kanssa. Aurinkopaneeleista päiväaikaan saadulla energialla voidaan ladata sähköautoa ja illalla sähkön tarpeen lisääntyessä ja tuoton vähentyessä hyödyntää sähköauton akkukapasiteettia. Yöllä auto voidaan edullisesti ladata yösähköllä täyteen ja esimerkiksi aamun kulutuspiikissä hyödyntää edullisesti ladattua sähköä. Sähköauton järjestelmää on mahdollista hyödyntää pörssisähköllä myös talviaikaan, jolloin verkosta ei tarvitsisi ostaa kalleimpina tunteina sähköä ollenkaan. Lisäksi sähkökatkon sattuessa sähköä voidaan ottaa ajoneuvon akusta.

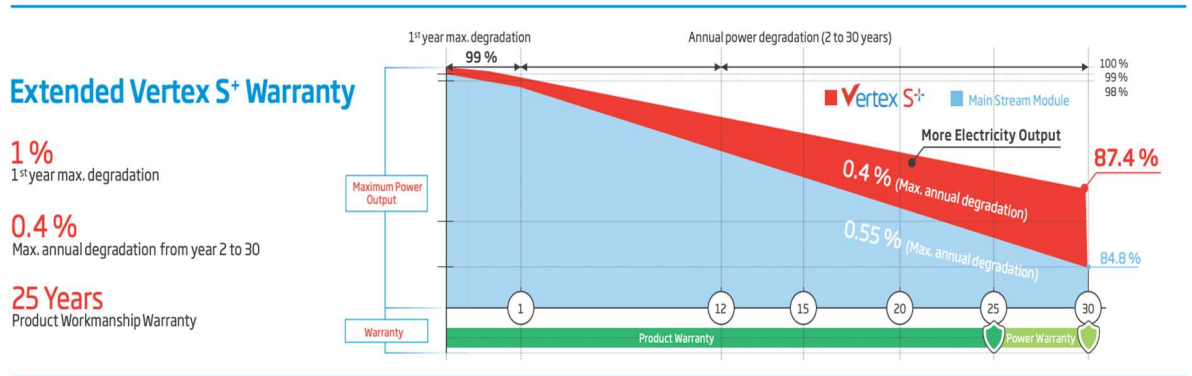
## 5 Tutkimuskohde

Suunniteltavana kohteena on omakotitalo Niinisalossa, Satakunnassa. Talon vuosikulutus on noin 22 000 kWh (kuvio 2). Talon lämmitysmuotona on suorasähkölämmitys.



KUVIO 2. Tutkimuskohteen vuoden kulutus kuukausittain

Tarkoituksena on selvittää tilannetta, jossa omakotitalon katolle asennettaisiin 12 aurinkopaneelia etelään suunnattuna. Kohteessa ei ole paneeleille itä-länsi akselilla varjostuksia aiheuttavia puita tai muita rakenteita. Tutkimuksessa käytettäviksi paneeleiksi on valittu Trina Solarin Vertex S+ -sarjan paneelit. Kyseisiä paneeleita voidaan käyttää sekä asuin- että kaupallisiin sovelluksiin. Kyseisten paneelien etuna verrattuna moneen kilpailijaan on takuu aika yhdistettynä edulliseen hintaan. Kyseisten paneelien tuotetakuu on 25 vuotta ja suoritustakuu 30 vuotta (kuva 8). (Trina Solar n.d.)



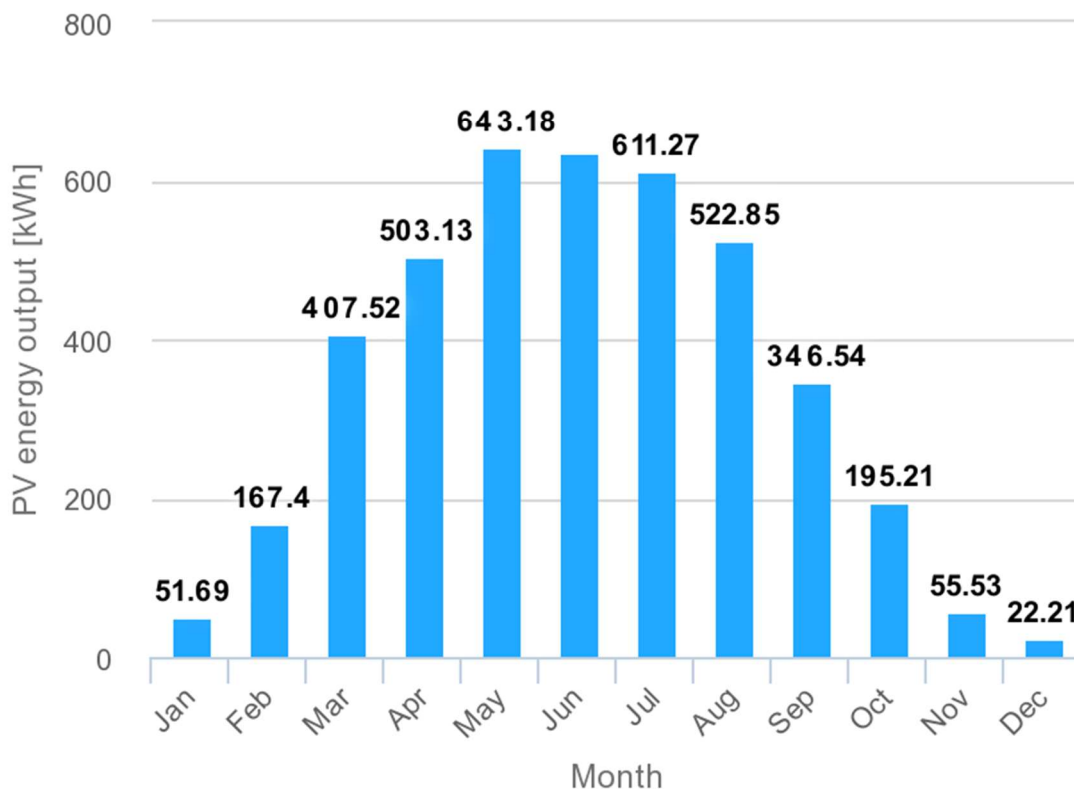
KUVA 8. Trinasolarin Vertex S+ paneelisarjan takuulupaus (Trina Solar n.d.)

Aurinkosähköjärjestelmän nimellisteho Vertex S+ TSM-420 paneeleilla on 12 \* 420 Wp = 5040 Wp. Paneelien piikkiwattimäärä on mitattu Standard Test Condition (STC) -mittauksella. Kyseisessä mittauksessa aurinkokennon lämpötilana on 25 Celsiusastetta ja auringon säteilyintensiteettinä 1000 W/m<sup>2</sup>. (Motiva 2022)

Kohteen aurinkopaneelien arvioitua tuottoa selvitetään Euroopan komission ylläpitämän laskurin avulla. Järjestelmä laskee arvion huomioiden maantieteellisen sijainnin, paneelien asennuskulman, suuntauksen sekä 14 prosenttiyksikön järjestelmähäviön. Kuviossa 3 on esitetty aurinkopaneelien arvioitu kuukausittainen tuotto. (European Commission n.d.)

## Monthly energy output from fix-angle PV system

(C) PVGIS, 2023



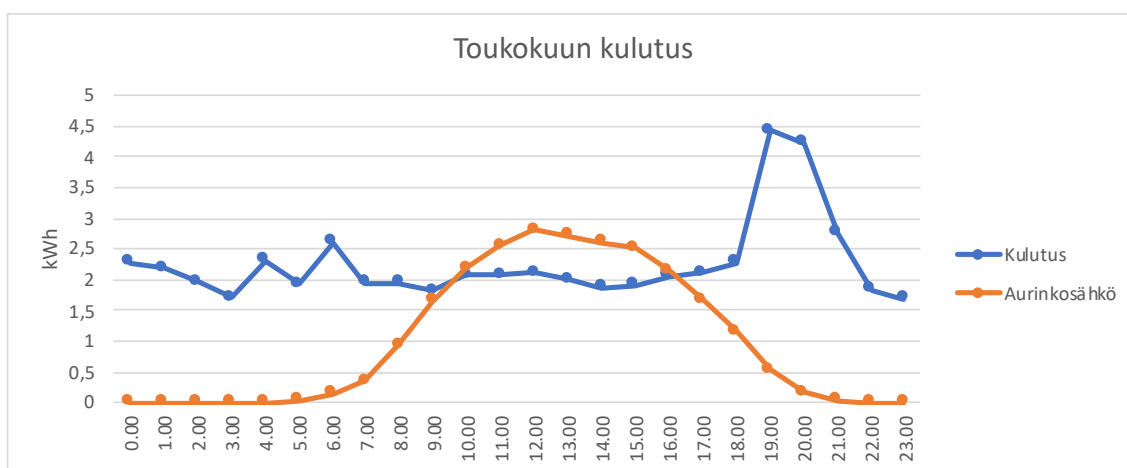
Kuvio 3. PVGIS-ohjelman arvioima kuukausittainen sähköntuotto

Teoreettisen laskelman lisäksi tarkempaa arviota varten etsittiin verrokiksi vastaavan tehoinen ja samanlaisella suuntauksella toteutettu aurinkosähköjärjestelmä. Kyseisen aurinkosähköjärjestelmän tuotetun sähkön tiedot olivat katsottavissa Sunny portal -nettisivustolla, johon on kerätty laajasti tietoja ympäri maailman olevista järjestelmistä. Laskelmissa käytetty järjestelmä on otettu käyttöön heinäkuussa 2015. Järjestelmän keskimääräinen vuosituotto on 4160 kWh, joten todellisen järjestelmän tietojen voidaan todeta olevan hyvin lähellä PVGIS-sovelluksen arvioimaa vuosituottoa, joka oli 4163,05 kWh. (Sunny Portal n.d.; European Commission n.d.)

Tuotetun sähkön määrän näkee sivustolta 15 minuutin tarkkuudella. Tuottolukujen perusteella laskettiin arvio tunnin tuotannosta, jotta saadaan arvoksi kWh. Kuukauden jokaiselle tunnille laskettiin tuotto, jotta saatiin laskettua keskiarvo

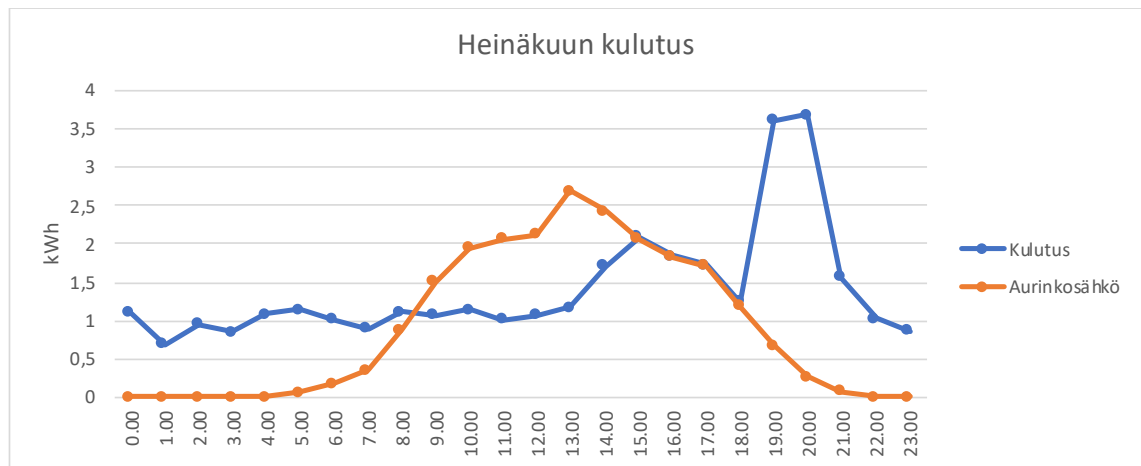
joka tunnin tuotolle. Laskettujen tietojen pohjalta luotiin suuntaa antava kuvaaja toukokuun, heinäkuun sekä syyskuun keskivertotuotolla verrattuna kyseisten kuukausien keskivertokulutukseen.

Toukokuulta mitatusta datasta nähdään kohteen peruskuorman olevan noin 2 kWh (kuvio 4). Aurinkopaneelit alkavat tuottaa sähköä aamulla kello kuuden jälkeen. Aamun kulutuksessa on nähtävissä aamutoimien aiheuttama piikki. Keski-vertoarvoilla katsottuna aurinkosähkö ohittaa kulutuksen noin klo 10:30. Tämän jälkeen aurinkosähköä tuotetaan enemmän, kuin kulutetaan. Tuotto laskee kulutuksen alapuolelle klo 17 jälkeen. Suurin kulutuspiikki tulee noin kello 20. Tähän vaikuttavat esimerkiksi kodinkoneiden, lämminvesivaraajan sekä saunan käyttö.



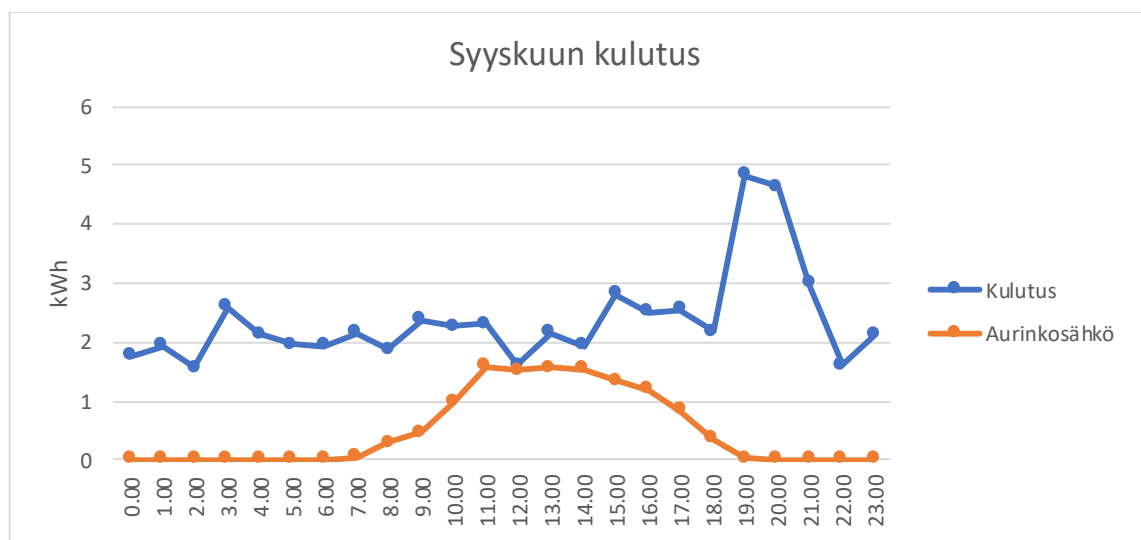
KUVIO 4. Toukokuun tuntikohtainen keskikulutus yhdistettynä aurinkopaneelien keskituottoon (Fingrid Datahub n.d.; Sunny portal n.d.)

Kuviossa 5 on esitetty heinäkuun kulutus ja aurinkosähkön tuotto. Heinäkuussa peruskuorma on alhaisempi, noin 1 kWh. Heinäkuussa aurinkopaneelit alkavat tuottaa sähköä jo kello neljän jälkeen. Sähkön tuotto ohittaa kulutuksen jo kello kahdeksan jälkeen. Kello 15 tuotto kohtaa kulutuksen ja noin kello 18 tuotanto alittaa kulutuksen. Aurinkopaneelien tuotto laskee nolnaan noin kello 22.



KUVIO 5. Heinäkuun tuntikohtainen keskimuutos yhdistettynä aurinkopaneeleiden keskituottoon (Fingrid Datahub n.d.; Sunny portal n.d.)

Kuviossa 6 on esitetty syyskuun tiedot. Syyskuussa peruskuorma on taas korkeampi, yli 2 kilowattituntia. Aurinkopaneeleiden tuotto jää syyskuussa selvästi alhaisemmaksi verrattuna toukokuuhun sekä heinäkuuhun. Syyskuun tuotto saadaan pitkälti kello 7 ja 19 välisenä aikana. Syyskuussa ei keskiarvoja käyttäen ylituotantoa synny lainkaan.



KUVIO 6. Syyskuun tuntikohtainen keskimuutos yhdistettynä aurinkopaneeleiden keskituottoon (Fingrid Datahub n.d.; Sunny portal n.d.)

## 5.1 Esimerkki heinäkuu

Lasketaan heinäkuun aurinkoisena arkipäivänä saatu rahallinen hyöty yhdistäen kulutustietoja ja tuotetun sähkön tietoa. Aurinkosähköjärjestelmä tuotti 21.7.2022 33,21 kWh sähköä ja sähkön kulutus oli 27,40 kWh. Vuorokauden kokonaishinta lasketaan seuraavasti. Vuorokauden jokaisen tunnin kulutus kerrotaan kyseisen tunnin spot-hinnalla ja tämä summa kerrotaan 1,24:llä, jolloin saadaan laskettua 24 % arvonlisävero mukaan hintaan (kaava 2). Vuorokauden kulutuksen hinta saadaan vuorokauden jokaisen tunnin hintojen yhteenlaskulla. 27,4 kWh kyseisenä päivänä spot-sopimuksella ostettuna olisi maksanut arvonlisäveroineen 7,16 €.

$$\begin{aligned} & \textit{tuntikohtainen hinta sis. ALV} \\ & = \textit{tuntikohtainen kulutus (kWh)} * \textit{spot - hinta} * (1 + (24\% \textit{ALV})) \quad (2) \end{aligned}$$

Tämän lisäksi hintaan lisätään sähkönsiirtomaksu, joka on veroineen 0,0557 €/kWh, sekä sähköyhtiön energiamaksu 0,0041 €/kWh. Nämä saadaan laskettua kaavan 3 mukaisesti:

$$\textit{Sähkönsiirtomaksu ja energiamaksu} = \textit{kulutus (kWh)} * \left( \frac{0,0557\text{€}}{\textit{kWh}} + \frac{0,0041\text{€}}{\textit{kWh}} \right) \quad (3)$$

Sijoitetaan yllä olevaan kaavaan päivän kulutus, jolloin saadaan laskettua vuorokauden siirtomaksu ja energiamaksu:

$$27,4\text{kWh} * 0,0319\text{€/kWh} \approx 1,64\text{€}$$

Siirtomaksu ja energiamaksu yhdessä tekevät kyseisen päivän kulutuksella 1,64 €. Yhteensä esimerkin hinnaksi muodostuisi 8,80 €. Hinnassa ei huomioida sähkönsopimuksen eikä sähkönsiirron kuukausimaksua, jotka täytyisi maksaa aurinkopaneeleista huolimatta.

Aurinkopaneeleista saatavaa hyötyä lasketaan vähentämällä ensin tuntikohtaisesta kulutuksesta paneelien tuntikohtainen tuotto. Aurinkosähkön myötä

ostettavan sähkön määrä olisi laskisi 27,4 kilowattitunnista 14,5 kilowattituntiin ja kulutuksen spot-hinnaksi (kaava 2) jäisi 3,01 € sisältäen arvonlisäveron. Sähkölaskua pienentää entisestään verkkoon myytävä sähkö, jota ei ole itse käytetty. Ylituotannosta saatavasta sähköstä sähköyhtiö hyvittäisi verottoman spot-hinnan mukaisesti, yhteensä kyseisenä päivänä 5,31 euroa. Sähkönsiirtomaksun ja energiamaksun yhteenlaskettu summa (kaava 3) pienenee 1,64 eurosta 0,87 euroon ostetun sähkön määrän laskiessa. Päivän sähkön hinnaksi jäisi kulut huomioiden -1,43 €. Kuluissa on otettu huomioon sähkön ylituotanto, spot-hinta, 24 % arvonlisävero, sähkön energiamaksu sekä sähkön siirtomaksu.

Ilman aurinkosähköjärjestelmää ostetun sähkön kokonaishinta on 8,80 € ja järjestelmän kanssa -1,43 €. Paneelit olisivat siis hyödyttäneet taloudellisesti yhteensä 10,23 € kyseisenä päivänä, joka oli paneelien kannalta optimaalinen.

Vuoden 2022 ennätyskorkeat hinnat kuitenkin saattoivat olla hetkellinen heilahtus, joten tutkimusta varten haluttiin laskea vastaava esimerkki myös tämänhetkisten hintojen mukaisesti. 16.5.2023 hintojen mukaan laskettuna päivän sähkönkulutus olisi maksanut 2,17 euroa. Aurinkosähköjärjestelmän kanssa päivän kulutus olisi maksanut 0,82 euroa. Tässä esimerkissä erotus jää vain 1,35 euroon.

## 5.2 Esimerkki toukokuu

Lauantaina 21. toukokuuta 2022 aurinkoisena päivänä kokonaiskulutus on ollut 43,86 kWh ja aurinkosähköjärjestelmän kokonaistuotto 37,82 kWh. Päivältä saaduista tiedoista tehtiin vastaavat laskelmat kuin edellisessä esimerkissä. Ilman aurinkopaneeleita kyseisen päivän kulutus olisi maksanut 11,53 € ja aurinkopaneelien kanssa 3,75 €. Säästöä olisi kokonaisuudessaan syntynyt 7,78 euroa.

## 5.3 Esimerkki syyskuu

Tiistaina 6.9.2022 oli tuotannon kannalta syyskuun parhaimpia päiviä. Tällöin kulutus oli 49,5 kWh ja tuotanto 16,84 kWh. Myyntiin olisi mennyt 5,3 kWh klo 11–15 välisenä aikana. Ilman aurinkosähköä päivän kulutus olisi maksanut 19,81 €

ja aurinkosähkön kanssa 14,47 €. Säästöä olisi kokonaisuudessaan syntynyt 5,34 €.

#### **5.4 Aurinkosähköjärjestelmän elinkaaren taloudellinen hyöty**

Jos sähkö maksaisi 20 c/kWh sisältäen kaikki kulut, ja kaikki aurinkopaneelien tuottama sähkö kulutettaisiin itse, paneelit tuottaisivat 30 vuodessa 24960 euroa. Tästä vähennetään hankintahinta, joka on kotitalousvähennyksen jälkeen 5460 € sekä invertterin vaihdon arvioitu kustannus 1500 €. Summaksi tulisi 18 000 euroa. 10 c/kWh hinnalla vastaavat luvut ovat 12 480 euron tuotto 30 vuodessa ja alkusijoituksen ja invertterin kustannukset vähennettynä hinnaksi jäisi vain 5520 euroa.

Esimerkiksi S&P500-indeksin keskimääräinen vuosituotto -92 ja -22 välillä inflaatiokorjattuna on ollut +7,07 %. (Official Data. n.d.) Jos aiemmin laskettu paneelien kokonaiskustannusta vastaava summa sijoitettaisiin osakkeisiin, joiden vuosituotto olisi 7 %, olisi summa 30 vuoden kuluttua 41 563 euroa. Vähennetään summasta alkupääoma, arvioidut osaketilin kulut ja myyntivoitosta maksettava 30 % vero. Kulujen jälkeen summasta jäisi 25 272,10 euroa.

Kyseisillä luvuilla osakesijoitukset olisivat olleet taloudellisesti kannattavampia, vaikka laskennassa käyttäisi sähkön hintana ennustettua hintaa korkeampaa, 20 c/kWh tasoa. Osakesijoitusten etuna on korkoa korolle -ilmiö, jollaista aurinkopaneelien tuotosta ei synny.

## 6 POHDINTA

Vuoden 2022 sähkökriisin nostamat hinnat tuottivat erityisesti suurien aurinkosähköjärjestelmien omistajille ennätystulot. Uutisoinnit tällaisista tapauksista nostavat jo valmiiksi haluttujen aurinkosähköjärjestelmien suosiota edelleen. Aurinkopaneeleista saatavaa hyötyä voi parantaa ajoittamalla kulutusta kohtaan paremmin tuottoa tai varastoimalla energiaa. Tällöin itse tuotetun sähkön osalta ei tarvitse maksaa sähkönsiirtomaksua, energiamaksua eikä arvonlisäveroä. Lämpiminä kesäkuukausina syntyy eniten ylituotantoa, kun talon lämmitys ei aiheuta kulutusta ja paneelit tuottavat hyvin sähköä. Aurinkopaneelit tuottavat todennäköisesti pitkällä aikavälillä voittoa, mutta se ei vaikuta erityisen suurelta verrattuna aiemmin laskettuun osakemarkkinoiden pitkän aikavälin tuottamaan voittoon. Monille aurinkopaneelit kuitenkin luovat tunteen konkreettisesta säästöstä tai voitosta.

Ennen paneelien hankintaa kannattaa laskea hyvin tarkasti, ovatko ne kannattava ostos. Esimerkiksi vanhassa talossa katon kunto tai puiden kaataminen voi tuoda yllättäviä lisäkustannuksia projektiin. Edullisesta sähkön spot-hinnasta johtuen paneelien ylituotannosta saatavat voitot tämän hetken hinnoilla lasketaan senteissä. Kuten laskelmat osoittivat, aurinkopaneelien kannattavuus on verrannollinen sähkön hinnan kehitykseen. Taloudellisen hyödyn lisäksi täytyy huomioida myös muita ostopäätökseen vaikuttavia arvoja. Omavaraisuuden lisääminen ja ympäristöarvot ovat myös monelle tärkeitä.

Sähkö sopimusta ottaessa tai päivittäessä kannattaa käyttää harkintaa. Määräaikaisessa sopimuksessa ei tarvitse sopimuskaudella miettiä hintavaihteluita, mutta silloin saattaa joutua maksamaan sähköstä selvästi enemmän kuin spot-sopimuksella. Hintojen noustessa olisi määräaikainen sopimus parempi ja hintojen laskiessa tunneittain päivittyvä spot-sopimus on edullisempi. Hintojen arviointi on kuitenkin haastavaa ja edes sähköyhtiöt eivät osanneet ennustaa vuoden 2022 tilannetta, joka syntyi Venäjän hyökkäyssodan seurauksena.

## LÄHTEET

Avitor Sähkö. n.d. Fronius invertterit. Luettu 18.5.2023.  
<https://aurinkosahkotarjous.fi/tuotteet/fronius-invertterit/>

European Commission. n.d. PVGIS Online Tool. Viitattu 17.4.2023.  
[https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

Elenia. n.d. Aurinkosähkö ja sähkön pientuotanto. Luettu 30.5.2023.  
<https://www.elenia.fi/palvelut/kotiin-ja-mokille/aurinkosahkon-ja-pientuotannon-liittaminen>

Fingrid. 2022. Sähköjärjestelmä mullistuu. 14.11.2022. Luettu 23.4.2023.  
<https://www.fingridlehti.fi/sahkojarjestelma-mullistuu/>

Fingrid Datahub. n.d. Datahub. Luettu 16.4.2023. Vaatii kirjautumisen pankkitunnuksilla. <https://oma.datahub.fi/#/login>

Keravan Energia. 2022. Hyödyllistä tietoa aurinkopaneeleista. 25.1.2022. Luettu 28.4.2023. <https://www.keravanenergia.fi/blog/artikkeli/tietoa-aurinkopaneelit/>

Komparate. 2023. Sähkön myynti verkkoon – kokemuksia ylijäämäsähkön myymisestä. Päivitetty 21.4.2023. Luettu 22.4.2023. <https://www.komparate.com/fi/ajankohtaista/sahkon-myynti-verkkoon-kokemuksia-ylijaamasahkon-myymisesta/>

Lindholm, P. 2022. Suomen sähkömarkkinamallissa hinnat voivat nousta kymmenkertaisiksi – Suomen taloudelle se tekisi vahinkoa ainakin kolmella tavalla. 12.12.2022. Luettu 14.4.2023. <https://yle.fi/a/74-20007626>

Motiva. 2022. Aurinkosähköjärjestelmän teho. Päivitetty 2.8.2022. Luettu 15.4.2023. [https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho)

Nasdaq. n.d. Market prices. Luettu 26.4.2023.  
<https://www.nasdaqomx.com/transactions/markets/commodities/market-prices?>

Nordic Plug. 2022. Kaksisuuntainen lataus V2G. 25.10.2022. Luettu 27.4.2022.  
<https://nordicplug.fi/blogs/sahkoautot-ja-lataaminen-blogi/kaksisuuntainen-lataus-v2g>

Nordpool. n.d. About us. Luettu 22.4.2023.  
<https://www.nordpoolgroup.com/en/About-us/>

Nordpool Group. n.d. Market data. Luettu 17.4.2023.  
<https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data/1/Dayahead/Area-Prices/FI/Hourly/?view=table>

Official Data. n.d. Stock market returns between 1992 and 2022. Luettu 17.5.2023.  
(<https://www.officialdata.org/us/stocks/s-p-500/1992?amount=100&endYear=2022>)

Osuuspankki. n.d. Lainalaskuri. Luettu 19.5.2023. <https://www.op.fi/henkiloasiakkaat/lainat-ja-asunnot/lainalaskuri>

Pantsu, P. 2023. Aurinkopaneelit ovat olleet osalle ostajista pettymys – kuluttajaviranomaisiin satoja yhteydenottoja. Päivitetty 23.4.2023. Luettu 26.4.2023. <https://yle.fi/a/74-20027812>

Semantic Scholar. 2020. Particle swarm optimization algorithm-based PI inverter controller for a grid-connected PV system. 20.12.2020. Luettu 7.6.2023. <https://www.semanticscholar.org/paper/Particle-swarm-optimization-algorithm-based-PI-for-Roslan-AI-Shetwi/c5d706a2229f516cf1d0e30afab4b74d55102fb1/figure/0>

ST 40. 2021. Aurinkosähköjärjestelmien suunnittelu ja toteutus. Espoo: Sähkö-tieto ry. Luettu 27.4.2023. Vaatii käyttöoikeuden. <https://severi.sahkoinfo.fi/ST>

Sunny Portal. n.d. Vadenin Voimala 2 Energy and Power. Luettu 5.5.2023. <https://www.sunnyportal.com/Templates/PublicPageOverview.aspx?page=94d48e5d-5d81-4aee-8f49-67b73fba22c0&plant=aac4c230-e8a8-4b28-a405-431bb6400dcf&splang=en-US>

Tilastokeskus. n.d. Sähkön hankinta ja tuotanto 1960–2021. Luettu 17.5.2023. [https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_salatuo/statfin\\_salatuo\\_pxt\\_11sr.px/](https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_salatuo/statfin_salatuo_pxt_11sr.px/)

Tilastokeskus. 2023. Sähkön keskimääräinen kuluttajahinta nousi uuteen ennätukseen vuoden 2022 viimeisellä neljänneksellä. 9.3.2023. Luettu 18.4.2023. <https://www.stat.fi/julkaisu/cl8lal5p5lsmd0cw1981ta2nc>

Trina Solar. n.d. Datasheet Vertex S+TSM-NEG9.28. Luettu 12.4.2023. [https://static.trinasolar.com/sites/default/files/Datasheet\\_Ver-tex\\_S+ NEG9.28 EN 2022 PA3.pdf](https://static.trinasolar.com/sites/default/files/Datasheet_Ver-tex_S+ NEG9.28 EN 2022 PA3.pdf)

Urakkamaailma. n.d. Omakotitalon aurinkosähköjärjestelmän asennus. Luettu 16.5.2023. <https://www.urakkamaailma.fi/remontti/Okt-aurinkosahkojarjestel-man-asennus/hyvinkaa/99812>

Verohallinto. 2022. Sähkön arvonlisäveroa alennetaan väliaikaisesti. 31.10.2022. Luettu 20.4.2023. <https://www.vero.fi/tietoa-verohallinnosta/uutishuone/uutiset/uutiset/2022/sahkon-arvonlisaveroa-alennetaan-valiaikaisesti/>

Virta. 2019. Termit haltuun: Kaksisuuntainen lataus ja Vehicle-to-Grid. Päivitetty 29.4.2019. Luettu 2.5.2023. <https://www.virta.global/fi/blogi/kaksisuuntainen-lataus-ja-v2g>

Volvo. n.d. Volvo EX90. Luettu 8.5.2023. <https://www.volvocars.com/fi/cars/ex90-electric/>

Väre. 2020. Aurinkopaneelien kannattavuus ja takaisinmaksuaika. 24.4.2020. Luettu 25.4.2023. <https://vare.fi/aurinkopaneelit/aurinkopaneelien-kannattavuus-ja-takaisinmaksuaika/>