

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2026

Mika Laaksonen

Kotiakkujen kannattavuuslaskentaohjelmistojen vertailu



Opinnäytetyö AMK | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2026 | 52 sivua

Mika Laaksonen

Kotiakkujen kannattavuuslaskentaohjelmistojen vertailu

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin erilaisia ohjelmistoja ja verkkotyökaluja, joita voidaan käyttää aurinkosähköjärjestelmien ja akkujen suunnittelun sekä investointilaskennan tukena. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon aurinkosähkön varastointi akkuun voi parantaa omakotitalon energiatehokkuutta ja taloudellista kannattavuutta.

Työssä vertailtiin laitteistosta saatuja arvoja laskentaohjelmistojen ja verkkotyökalujen antamiin arvoihin.

Tulokset poikkesivat toisistaan, koska ne perustuvat erilaisiin oletuksiin ja laskentamenetelmiin. Tuloksia voidaan kuitenkin hyödyntää suuntaa antavasti kotitalouksien energiaratkaisujen suunnittelussa sekä arvioitaessa aurinkosähkön ja energian varastoinnin taloudellista kannattavuutta. Tuloksissa havaittiin myös, että pelkästään aurinkosähkön omakäytön lisäämiseen perustuva kiinteistöakku ei ole tarkastellussa kohteessa taloudellisesti kannattava investointi, mutta reservimarkkinoille osallistuminen saattaa parantaa kannattavuutta merkittävästi, koska akusta voidaan saada lisätuloja sähköjärjestelmän tasapainottamiseen osallistumisesta.

Asiasanat: aurinkosähkö, energiavarastot, kotiakku, reservimarkkinat, omakotitalo

Bachelor's/ Master's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Energy and Environmental Engineering

2026 | Total number of pages

Mika Laaksonen

Comparison of home battery profitability calculation software

This thesis examined various software and online tools that can be used to support the design and investment calculation of photovoltaic systems and batteries. In addition, the aim was to determine how much storing solar electricity in a battery can improve the energy efficiency and financial profitability of a detached house.

The work compared the values obtained from the equipment with the values given by calculation software and online tools.

The results differed from each other because they are based on different assumptions and calculation methods. However, the results can be used as a guide in the design of household energy solutions and in assessing the financial profitability of photovoltaics and energy storage. The results also found that a property battery based solely on increasing the self-use of photovoltaics is not an economically viable investment in the examined site, but participation in the reserve market may significantly improve profitability, because additional income can be obtained from the battery by participating in balancing the electricity system.

Keywords: photovoltaics, energy storage, home battery, reserve market, detached house

Sisältö

1 Johdanto	7
2 Omakotitalon energiankulutus	9
2.1 Omakotitalon tyypillinen sähkönkulutus	9
2.2 Sähkön hinnan muodostuminen Suomessa	10
3 Aurinkosähköjärjestelmät	12
3.1 Aurinkosähkön toimintaperiaate	12
3.2 Aurinkosähköjärjestelmän komponentit	13
4 Kiinteistöakut ja energian varastointi	20
4.1 Kiinteistöakkujen käyttötarkoitukset	20
4.2 Akkujen eri tyypit	21
4.3 Kiinteistöakkujen rooli reservimarkkinoilla	24
5 Kotiakkujen investointilaskennan ja vertailun ohjelmistot	28
5.1 Ohjelmistojen rooli investointipäätöksen tukena	28
5.2 Valmiit kotiakkujen vertailu- ja laskentatyökalut	28
6 Kiinteistöakun kannattavuuslaskenta kohteessa	38
6.1 Lähtötiedot ja oletukset	38
6.2 Nykyinen aurinkosähkön omakäytön taloudellinen hyöty	39
6.3 Kiinteistöakun lisähyöty aurinkosähkön omakäytössä	39
6.4 Reservimarkkinoiden vaikutus kannattavuuteen	40
6.5 Kannattavuuden epävarmuustekijät	41
6.6 Yhteenveto kannattavuudesta	42
7 Tulosten tarkastelu ja pohdinta	43
7.1 Ohjelmistojen tulosten tarkastelu	43
8 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet	48
Lähteet	49

Kuvat

Kuva 1. Aurinkovoimalan toimintaperiaate (Solarum Oy, 2026).	12
Kuva 2. Aurinkosähköjärjestelmän merkki (Tukes, n.d.).	14
Kuva 3. Aurinkopaneelityypit (Quebec Solar, n.d.).	14
Kuva 4. Ohutkalvopaneeli (Panpower, n.d.).	15
Kuva 5. Half-cut aurinkopaneeli (Almerini, 2025).	16
Kuva 6. Perinteinen aurinkopaneeli (Almerini, 2025).	16
Kuva 7. Aurinkosähköjärjestelmien invertterityyppien vertailu: mikroinvertteri, string-invertteri ja hybridi-invertteri (OpenAI, 2026).	18
Kuva 8. (Energypedia 2025)	24
Kuva 9. Maksetut reservikorvaukset €/kk 2025. (Energiamaratoon video, youtube, 2026).	25
Kuva 10. PVSol Online-ohjelman käyttöliittymä (PVSol Online, 2026).	30
Kuva 11. PVGIS-Ohjelmiston käyttöliittymä (Euroopan komissio 2025).	32
Kuva 12. PVGIS-ohjelmiston käyttöliittymä (Euroopan komissio 2025).	32
Kuva 13. Elisa säästölaskuri (Elisa Oyj (n.d.).	33
Kuva 14. Elisa säästölaskuri (Elisa Oyj n.d.).	34
Kuva 15. Rasol akkulaskuri (Rasol Oy, 2026).	35
Kuva 16. ibc-solar laskuri (IBC SOLAR AG, n.d.).	36

Taulukot

Taulukko 1. Sähkölaitteiden energiankulutus 20 snt/kWh (Helen Oy 2025)	9
Taulukko 2. Medialaitteiden kulutus (Helen Oy 2025)	10
Taulukko 3. Kotiakkujen koot (Avepower, 2026)	21
Taulukko 4. Eri akkujen ominaisuuksia (BSLBATT, 2026.).	23

Taulukko 5. Sähköjärjestelmän reservit (Fingrid Oyj n.d.b.).	26
Taulukko 6. Akun lisähyöty ilman reservimarkkinoita ja pörssisähkön optimointia.	40
Taulukko 7. Akun kokonaiskannattavuus 35 €/kk reservikorvauksen kanssa.	40
Taulukko 8. Akun kokonaiskannattavuus 60 €/kk reservikorvauksen kanssa.	41

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
kWh	Kilowattitunti. Sähköenergian SI-yksikkö. Tässä työssä viittaa akun kapasiteettiin. (Tieteen termipankki 2026.)
kW	Kilowatti. Tässä työssä viittaa akun tehoon. (Tieteen termipankki 2026.)
Invertteri	Vaihtosuuntaaja. Laite, joka muuttaa tasavirran vaihtovirraksi. (Tieteen termipankki 2026.)
VPP	Virtuaalivoimala (Virtual power plant). Energianhallintajärjestelmä, joka kokoaa yhteen hajautetun sähköntuotannon ja kulutuksen. (Tieteen termipankki 2026.)
FCR	Taajuuden vakautusreservi (Frequency containment reserve). Reservi, joka on käytettävissä taajuuden vakauttamiseen sähkön tuotannon ja kulutuksen epätasapainotilanteissa. (Fingrid 2023, 4.)

1 Johdanto

Sähkön hinnan vaihtelu vaikuttaa merkittävästi pientalojen talouteen ja niiden elinkustannuksiin ja siksi tähän ongelmaan on alettu pohtia ratkaisuja, jotka helpottaisivat välillä rajustikin heittelehtivään pörssisähkön hinnan aiheuttamiin kustannuspiikkeihin.

Uusiutuvien energialähteiden epätasaisesta tuotannosta sekä sähkön vaihtelevan tarpeen vuoksi spot-hinnat voivat vaihdella rajustikin ja se tekee sähkön kustannuksista arvaamattomia. Spot-hinnoittelu siirtää hintariskin sähköyhtiöiltä kotitalouksille, mikä korostuu erityisesti pientaloissa, joissa sähkönkulutus on suurta ja usein sidoksissa sääolosuhteisiin.

Lisäksi sähkön tuotantohäiriöt kuten voimalaitosten huollot tai rikkoontumiset sekä polttoaineiden hinnan nousu aiheuttavat yleensä myös hinnannousua ja vaikeuttaa kotitalouksien sähkönkulutuksen ennakkointia.

Kustannuksien nousua pyritään hillitsemään siirtämään kulutusta halvemmille tunneille, mikä voi aiheuttaa lisävaivaa arkielämään. Myös erilaisilla automaatio- ja älylaitteilla pyritään hillitsemään kustannuksia tai vaihtoehtoisesti valitsemalla kiinteähintainen sähkö sopimus mikä taas saattaa olla pitkässä juoksussa kalliimpi vaihtoehto.

Myös yhtenä varteenotettavana vaihtoehtona on sähkön oma tuotanto ja varastointi. Kiinteistöön asennetulla aurinkopaneeleilla on mahdollista alentaa omaa sähkölaskuaan ja liittämällä systeemiin vielä kiinteistöakusto, voidaan ylimääräistä sähköä, jota ei ole saatu omaan käyttöön, varastoida myöhempää käyttöä varten esimerkiksi yöllä.

Lisänä akustojen hyötykäyttöön on tullut mahdollisuus liittyä sähkön reservimarkkinoille, josta voi saada hyvitystä. Tämä hyöty kuitenkin vaihtelee riippuen palvelun tarjoajasta. Jollain tarjoajalla hyvitys voi olla kiinteä ja toisella taas riippuvainen siitä, paljonko reserviä on tarvittu eli hyvitys maksetaan käytön mukaan. Tässä työssä on tarkoitus tutkia mahdollisuuksia vaikuttaa ok-talon sähkönkulutukseen omalla sähköntuotannolla ja varastoinnilla, sekä

reservimarkkinahyödyllä ja tarkastella ohjelmistoja, jotka auttavat aurinkovoimalan suunnittelussa ja mitoituksessa.

2 Omakotitalon energiankulutus

2.1 Omakotitalon tyypillinen sähkönkulutus

Nelihenkisen sähkölämmitteisen n.120m² ok-talon sähkönkulutus yleisesti arvioituna ilman muita lisälämmitysmuotoja on noin 18000–20000 kWh vuodessa. (Fortum Oyj, 2026). Tähän luonnollisesti vaikuttaa asukkaiden kulustottumukset sekä talon kunto ja sähkölaitteiden energiatehokkuus. Arviolta noin puolet menee asunnon lämmitykseen ja loput käyttöveden lämmitykseen ja muihin sähkölaitteisiin.

Taulukko 1. Sähkölaitteiden energiankulutus 20 snt/kWh (Helen Oy 2025).

Laite	Kulutus	Käyttökerrat/vko	Sähkönkulutus/vuosi	Hinta*/vuosi
Astianpesukone	0,8–2,5 kWh/krt	7	292–913 kWh	58–183 €
Kiuas	5 kWh/h	1	260 kWh	52 €
Induktioliesi	0,6–1,9 kWh/30 min	7	219–694 kWh	44–139 €
Kuivausrumpu	2–6 kWh/krt	2	208–624 kWh	42–125 €
Jääkaappi	0,3–2,2 kWh/vrk	7	100–800 kWh	20–160 €
Pyykinpesukone	0,2–2,5 kWh/krt	2	21–260 kWh	4,2–52 €
Televisio, plasma	0,15–0,3 kWh/h	7	55–110 kWh	11–22 €
Televisio, LED	0,08–0,16 kWh/h	7	29–58 kWh	5,8–11,6 €

Astianpesukone on usein kodin eniten sähköä kuluttava laite, mutta kulutukseen voi vaikuttaa pesemällä vain täysiä koneellisia ja valitsemalla sopivan pesuohjelman. Suuren astiamäärän käsinpesu kuluttaa yleensä enemmän sähköä ja vettä kuin konepesu, joten astiat ovat energiatehokkainta pestä koneessa.

Myös lisääntynyt medialaitteiden käyttö saattaa nostaa energiankulutusta, vaikka niitä pidettäisiin stand-by tilassa suurimman osan ajasta.

Taulukko 2. Medialaitteiden kulutus (Helen Oy 2025).

Laite	Kulutuskäytön aikana tunnissa	Käytön hinta*/tunti	Kulutus standby-tilassa päivässä	Standby-tilassa pitämisen hinta*/pvä	Standby-tilassa pitämisen hinta*/vuosi
LED-televisiot	0,08–0,16 kWh	1,6–3,2 c	0,1–0,5 kWh	2–10 c	7,3–36,5 €
Plasma-televisiot	0,15–0,3 kWh	3–6 c	0,3–0,7 kWh	6–14 c	21,9–51,1 €
Digiboksit	0,02–0,05 kWh	0,4–1 c	0,2–0,5 kWh	4–10 c	14,6–36,5 €
Pelikonsolit	0,1–0,15 kWh	2–3 c	0,3–0,5 kWh	6–10 c	21,9–36,5 €

Valmiustila (standby) lisää laitteiden kokonaissähkökulutusta, ja sen osuus kotitalouden kulutuksesta voi olla 3–13 %. Yksittäisen laitteen kulutus on yleensä pieni, mutta laitteita on paljon. Sähkön säästämiseksi laitteet kannattaa sammuttaa kokonaan silloin, kun niitä ei käytetä, ja hyödyntää energiansäästöasetuksia, kuten automaattista virrankatkaisua (Helen Oy 2024).

2.2 Sähkön hinnan muodostuminen Suomessa

Sähkön hinta Suomessa muodostuu energian myyntihinnasta, siirto hinnasta ja veroista.

Sähkön myyntihinta muodostuu, kun sähkön ostajat ja myyjät jättävät tarjouksensa sähköpörssissä. Pohjoismaisessa sähköpörssissä Nord Poolissa sekä Keski-Euroopassa toimivassa EPEX Spotissa tarjoukset yhdistetään eurooppalaisilla sähkömarkkinoilla, minkä seurauksena kullekin tarjousalueelle muodostuu erillinen tuntikohtainen markkinahinta. Eli pörssihinta määräytyy siis sähköpörssissä kysynnän ja tarjonnan perusteella. (Fingrid Oyj, n.d.a).

Sähkön siirrosta vastaa paikallinen verkkoyhtiö, joka omistaa alueensa sähköverkon ja laskuttaa sen käytöstä. Asiakkaat eivät voi valita sähköjakelijaa vapaasti, vaan jakeluverkkoyhtiö määräytyy kiinteistön sijainnin perusteella. Verkkoyhtiö vastaa sähköjakelun jatkuvasta valvonnasta, verkon kunnossapidosta, turvallisuudesta ja vikojen korjaamisesta sekä verkon kehittämisestä vastaamaan kasvavaa sähkönkulutusta. Nämä tehtävät ovat lainsäädännössä määriteltyjä ja edellyttävät merkittäviä investointeja ja asiantuntemusta. Koska rinnakkaisten sähköverkkojen rakentaminen useiden toimijoiden toimesta ei ole taloudellisesti tai käytännöllisesti järkevää, sähköjakelu on luonnollinen monopoli. Tämän vuoksi toimintaa säännellään viranomaisvalvonnalla, jotta hinnoittelu pysyy kohtuullisena ja sähköjakelu tehokkaana. (Caruna Oy, n.d.a).

Sähkövero on valtiolle maksettava vero, jonka kerää jakeluverkkoyhtiö ja se veloitetaan kulutuksen perusteella.

Veroluokkia on kaksi:

- Veroluokka 1: 2,827515 c/kWh, sis. alv 25,5 % ja huoltovarmuusmaksun.
- Veroluokka 2: 0,079065 c/kWh, sis. alv 25,5 % ja huoltovarmuusmaksun.

Veroluokka 2 kuuluu vain yritysasiakkaille, henkilöasiakkaat ovat aina veroluokassa 1. (Caruna Oy, n.d.b).

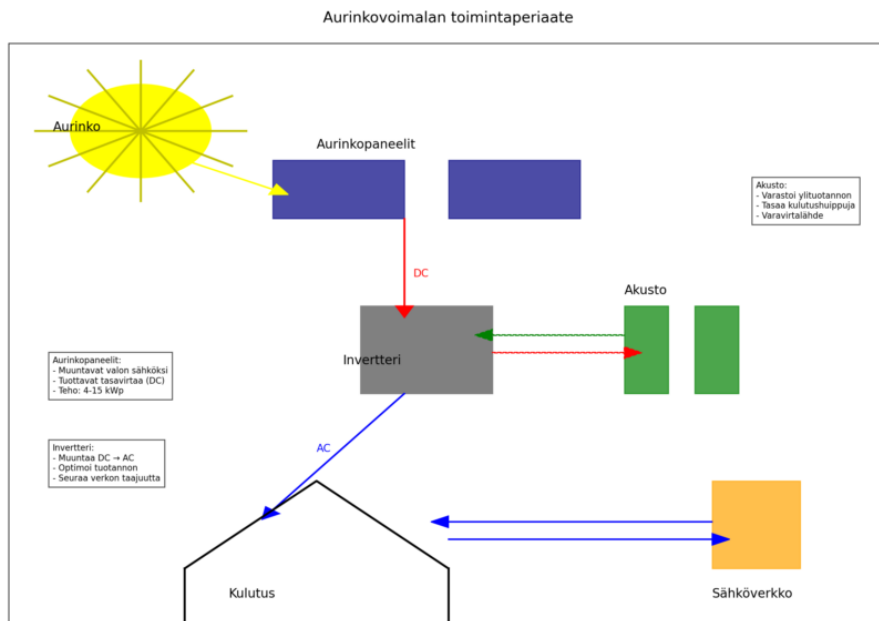
3 Aurinkosähköjärjestelmät

3.1 Aurinkosähkön toimintaperiaate

Yhtenä energian kustannusten säästökeinona on aurinkosähkö.

Aurinkoenergian käyttö on kasvanut voimakkaasti viime vuosina ja vuoden 2024 lopussa aurinkovoiman kokonaiskapasiteetti Suomessa olikin jo noin 1 200 MW, eli 1,2 GW, mikä vastaa 1,4 % Suomen koko sähköntuotannosta. Lisäksi suunnitteilla olevat hankkeet mahdollistaisivat toteutuessaan jopa 16 gigawatinkasvun vuoteen 2035 mennessä. (Sweco Finland Oy 2025).

Aurinkopaneelit ovat yleinen ja tehokas tapa tuottaa uusiutuvaa ja puhdasta energiaa. Ne muuttavat auringonvalon sähköksi fotovolttaisessa ilmiössä, jossa aurinkokennot saavat elektronit liikkeelle ja synnyttävät sähkövirran. Paneelit koostuvat yleensä piistä valmistetuista kennoista, ja niiden tuottama tasavirta muunnetaan invertterin avulla kotitalouksissa ja yrityksissä käytettäväksi vaihtovirraksi. Järjestelmään voidaan liittää myös akku, joka varastoi ylimääräisen energian myöhempää käyttöä varten.



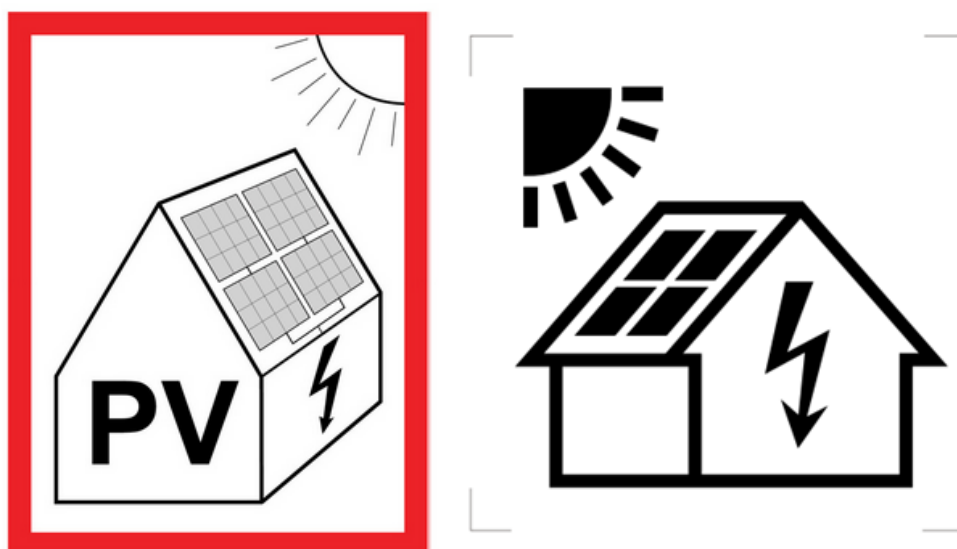
Kuva 1. Aurinkovoimalan toimintaperiaate (Solarum Oy, 2026).

Uusiutuvan energian käyttö on keskeistä fossiilisten polttoaineiden vähentämisessä ja ilmastonmuutoksen torjunnassa. Aurinkopaneelit ovat tärkeä osa tätä siirtymää, sillä ne tuottavat puhdasta ja uusiutuvaa energiaa tehokkaasti. Ne eivät aiheuta päästöjä, saastuta ympäristöä tai kuluta luonnonvaroja, ja niiden pitkä käyttöikä tekee niistä kestävästä energiaratkaisusta.

Aurinkopaneelit tarjoavat myös taloudellisia hyötyjä, sillä ne voivat pitkällä aikavälillä pienentää sähkölaskuja, vaikka alkuinvestointi onkin suuri. Ylijäämäenergiaa voidaan joissain tapauksissa myydä sähköverkkoon ja saada lisätuloja. Aurinkopaneelit edistävät kestävästä ja puhdasta tulevaisuutta vähentämällä fossiilisten polttoaineiden käyttöä ja hyödyntämällä auringon uusiutuvaa energiaa (Sunpaneeli 2023).

3.2 Aurinkosähköjärjestelmän komponentit

Aurinkosähköjärjestelmän osiin kuuluvat aurinkopaneelit, kaapeloinnit sekä tasa-, että vaihtosähkölle, invertteri eli vaihtosuuntaaja, erotuskytkimet, kasisuuntaiseen mittaukseen soveltuva sähkömittari ja sähkökeskus johon järjestelmä liitetään. Lisäksi näkyville asennetaan aurinkosähköjärjestelmästä kertovat merkit.

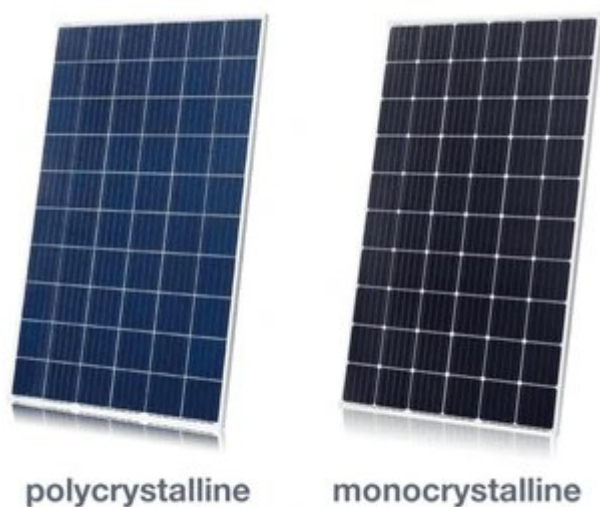


Kuva 2. Aurinkosähköjärjestelmän merkki (Tukes, n.d.).

Aurinkopaneelit

Nykyiset aurinkokennot valmistetaan pääosin piistä, joka on puolijohde, eli se päästää sähköä lävitseen. Niiden toiminta perustuu auringon säteilyyn, joka koostuu fotoneista. Kun säteily osuu kennoista koostuvaan paneeliin, elektronit alkavat irrota ja jättävät jälkeensä aukkoja, jotka muodostavat sähkökentän. Tämän seurauksena syntyy sähkövirtaa, joka johdetaan johtimilla invertteriin. Invertterin avulla virta muutetaan käyttökohteeseen sopivaksi (Pokas Oy 2022).

Yleisimmät aurinkopaneelityypit ovat yksikidepaneelit, monikidepaneelit ja ohutkalvopaneelit. Erona näillä on materiaali, kestävyys, hinta, tehokkuus ja ulkonäkö.



Kuva 3. Aurinkopaneelityypit (Quebec Solar, n.d.).



Kuva 4. Ohutkalvopaneeli (Panpower, n.d.).

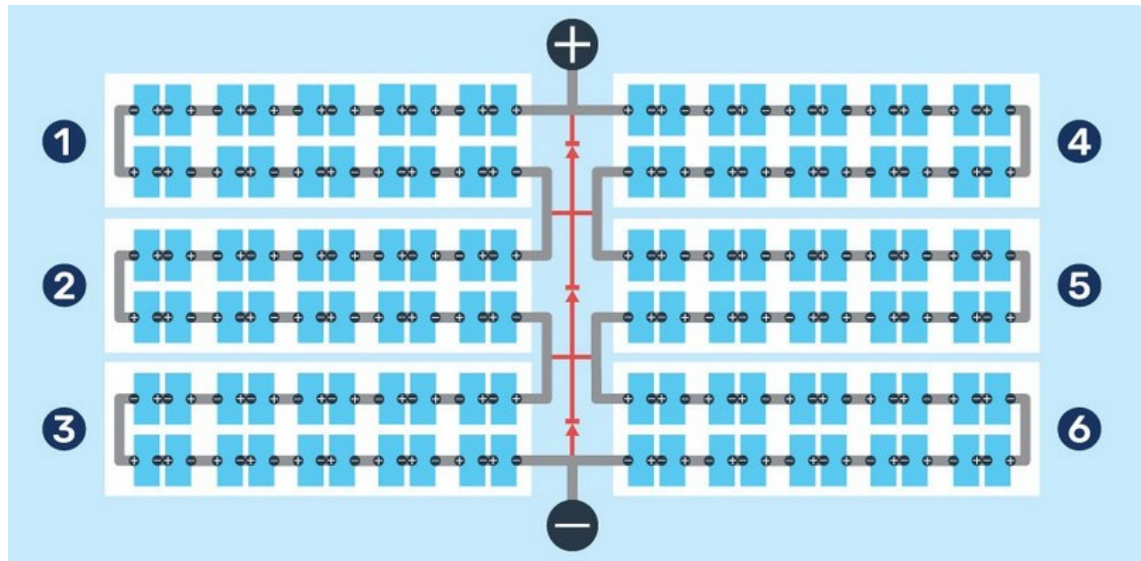
Yksikidepaneelit ovat tehokkaampia eli niiden hyötysuhde on parempi (20–22 %) kuin monikidepaneeleilla, mutta ne ovat myös hieman kalliimpia.

Monikidepaneelien hyötysuhde on noin 15–17 %, mutta ne ovat vastaavasti edullisempia. Jos tilaa on rajallisesti ja haluaa mahdollisimman hyvän hyödyn, niin yksikidepaneelit ovat silloin suositeltava ratkaisu. Jos taas tila ei ole ongelma ja olosuhteet pilvisemmät tai varjoisimmat, niin monikidepaneeli saattaa olla kannattava ratkaisu, vaikka valmistajat ovatkin enemmän keskittyneet kehittämään yksikiteisiä paneeleita niiden paremman suorituskyvyn takia.

Half-cut paneelit

Half-cut paneeleita on saatavana sekä yksi- että monikidepaneeleina, ja ne ovat yleistyneet voimakkaasti niiden hyvän tehontuoton takia.

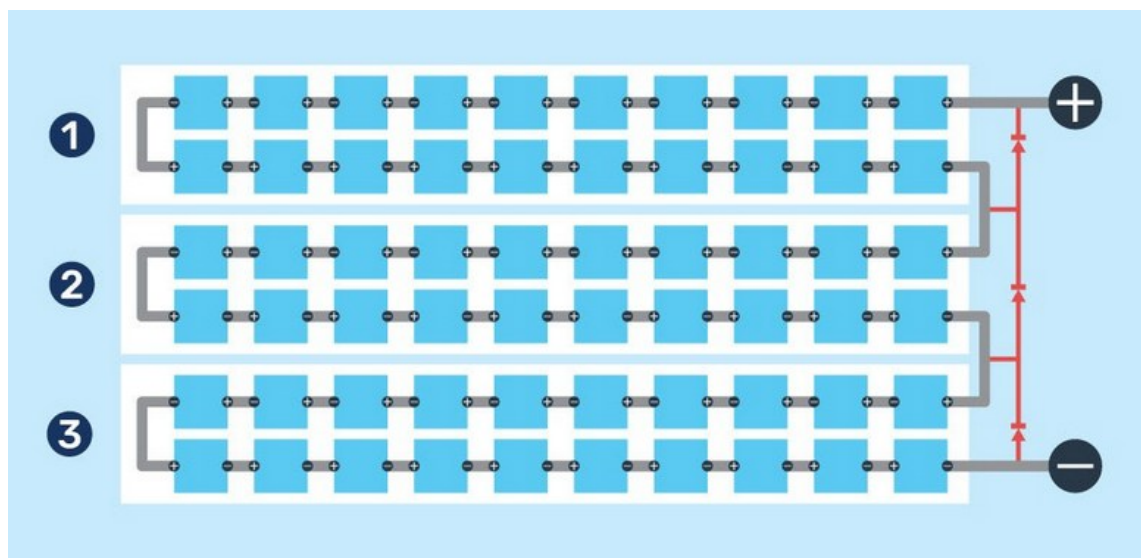
Half-cut tekniikalla valmistetuissa paneeleissa on kennojen kokoa pienennetty, jolloin niitä on saatu mahtumaan paneeliin enemmän. Tämän jälkeen paneelin ala- ja yläosa on jaettu kahtia, jolloin ne pystyvät toimimaan erillisinä yksikköinä. Tällä saadaan pienennettyä varjostuksen vaikutusta. Eli vaikka paneelin alaosa on varjossa niin yläosa tuottaa silti sähköä.



Kuva 5. Half-cut aurinkopaneeli (Almerini, 2025).

Jos aurinkokenno rivillä 1 on varjossa, kyseinen rivi lakkaa tuottamasta virtaa, rivi 4 tuottaa edelleen sähköä ja vain kuudesosa paneelista on lopettanut tehon tuottamisen yhden kolmasosan sijaan.

Kuvasta näkyy, että itse paneeli on jaettu puoliksi, joten soluryhmiä on kolmen sijasta kuusi. Ohitusdiodi yhdistyy paneelin keskelle sen sijaan, että se olisi reunassa, kuten perinteisessä johdotuksessa.



Kuva 6. Perinteinen aurinkopaneeli (Almerini, 2025).

Ohutkalvopaneeli ovat käytännöllisiä silloin kuin esimerkiksi paino on rajoittava tekijä tai vaikka kaarevilla pinnoilla, jolloin vaaditaan taipuisuutta. Ne kestävät myös hyvin lämpöä. Sopivia käyttökohteita voisi olla, vaikka veneet tai matkailuautot. Huonoina puolina ovat matala hyötysuhde (10–13 %) ja tehon lasku iän myötä sekä heikompi rakenne (Elenom, 2025).

Invertterit

Aurinkopaneelien tuottama sähkö on tasasähköä eli tasavirtaa, joka pitää muuttaa vaihtovirraksi. Tämä tapahtuu invertterin avulla. Invertteri muuttaa tasavirran vaihtovirraksi, joka sopii talon sähköjärjestelmään. Se ohjaa aurinkopaneelien tuotantoa kiinteistön ja sähköverkon välillä. Nykyiset invertterit optimoivat koko ajan jännitteen ja virran suhdetta, jotta laitteisto toimii mahdollisimman tehokkaasti. Tätä ominaisuutta kutsutaan maksimumpowerpointtrackingiksi. (Vattenfall, 2025).

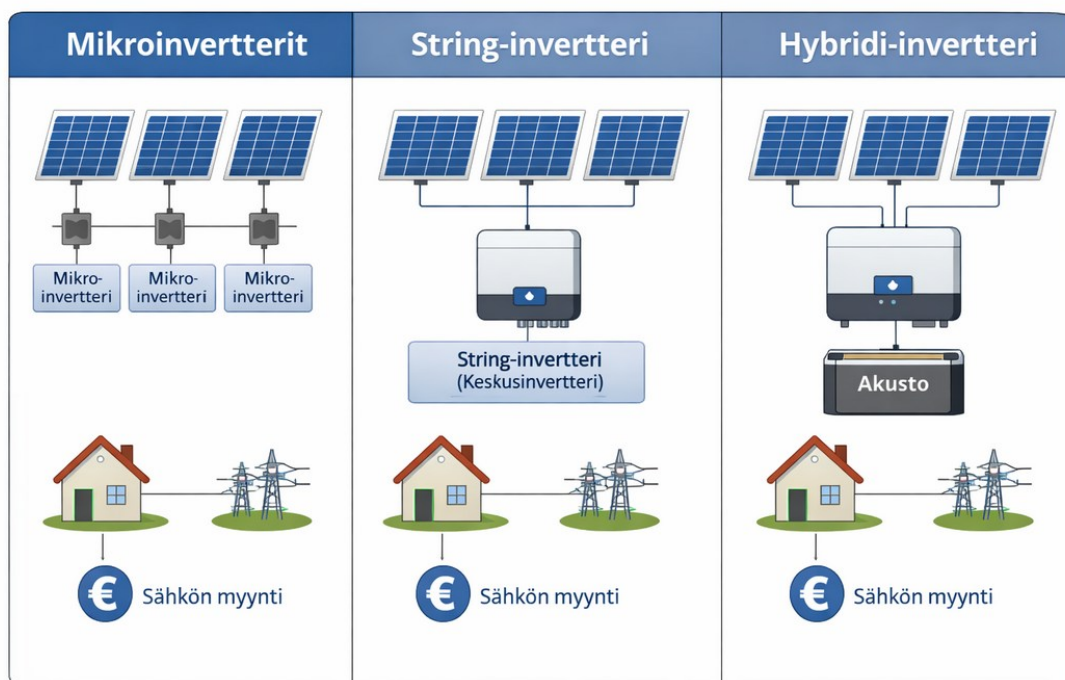
Keskusinvertteri eli stringinvertteri

Keskusinvertteri kokoaa yhteen yleensä sarjaan kytkettyjen paneelin tasavirrat ja muuttaa ne yhdeksi vaihtovirraksi, joka johdetaan kiinteistöön, verkkoon tai akkuun. Isoissa keskusinverttereissä voi olla useampi MPPT-kanava, eli sisääntulokanava jolloin eri suuntiin tai eri varjostuksiin sijoitetut sarjat voidaan optimoida erikseen. Näin yksittäisen paneelin alhainen teho ei heti laske koko järjestelmän tuotantoa merkittävästi, mutta keskuskytkentä on silti vähemmän joustava kuin mikroinvertterit.

Hybridi-invertteri

Hybridi-invertteri tekee saman kuin tavallinen invertteri, mutta lisäksi se pystyy ohjaamaan akkujärjestelmää, mitä tavallinen keskusinvertteri ei pysty tekemään.

Hybridi-invertteri on yleensä myös keskusinvertteri.



Kuva 7. Aurinkosähkijärjestelmien invertterityyppien vertailu: mikroinvertteri, string-invertteri ja hybridi-invertteri (OpenAI, 2026).

Hybridi-invertteri on hyvä ratkaisu etenkin, jos käytössä on kiinteistöakku, johon voidaan ladata halpojen tuntien sähköä. Tämä edellyttää, että käytössä on pörssisähkümüotoinen sähkösopimus. Silloin saadaan myös optimoitua sähkön käyttöä halvan ja kalliin sähkön välillä. Joissain hybridi-inverttereissä on myös ominaisuus, jolla se voidaan kytkeä irti sähköverkosta (off-grid). Tällöin voidaan käyttää pelkästään esimerkiksi akuista saatavaa virtaa. Toiminto voi olla myös automaattinen, vaikka sähkökatkoksen aikana.

Tämä edellyttää, että akusto on kytketty tarvittavalla tavalla. Kytkeä saattaa nostaa myös asennuksen kokonaishintaa ja on ehkä suositeltavampaa kohteissa, jossa ei ole sähköverkkoa saatavilla.

Mikroinvertterit

Mikroinvertterit kytketään jokaiseen paneeliin erikseen, eli jokaisella paneelilla on oma invertteri. Tässä on etuna se, että jokainen paneeli toimii itsenäisesti,

eikä yhden paneelin rikkoontuminen tai varjossa olo vaikuta muiden paneelien sähköntuottoon.

Mikroinverttereillä on myös helpompi seurata jokaisen paneelin tuottoa ja kuntoa. Koska jokaisella paneelilla on oma invertteri, nähdään niiden tuotto erikseen ja niitä on helppo vertailla ja poikkeavat lukemat havaitaan paneelikohtaisesti. Tämä helpottaa mahdollisen vian etsintää.

Mikroinverttereitä suositellaan pienempiin kohteisiin tai silloin, kun paneelit ovat eri suunnissa tai alttiina esimerkiksi puiden varjostukselle.

Suuremmille järjestelmille suositellaan yleensä keskusinvertteriä.

Inverttereitä on yksivaiheisia ja kolmivaiheisia ja näiden erona on se, kuinka monta vaihetta ne tuottavat vaihtovirtaa. Yksivaiheinen invertteri tuottaa nimensä mukaisesti virtaa yhteen vaiheeseen ja sitä käytetään yleensä kotitalouksissa, joissa käytetään yksivaiheista sähköverkkoa. Tämä on ehkä nykyään harvinaisempaa, mutta saattaa olla vaihtoehtona mökeillä tai vapaa-ajan asunnoissa tai kohteissa, joissa ei ole esimerkiksi sähköverkkoa saatavilla.

Kolmivaiheinvertteri tuottaa vaihtovirtaa kolmeen vaiheeseen on yleisempi ja käytännöllisempi nykyajan kotitalouksissa, sekä muissa kiinteistöissä ja laitoksissa, koska saatua tehoa voidaan jakaa tasaisesti kolmelle vaiheelle, jolloin myös kuormitusta voidaan jakaa tasaisemmin.

(Energiaeki, n.d.).

4 Kiinteistöakut ja energian varastointi

4.1 Kiinteistöakkujen käyttötarkoitukset

Energian varastointi tarkoittaa sähköenergian tallentamista myöhempää käyttöä varten, esimerkiksi sähköakkuun. Kun aurinkopaneelit tuottavat enemmän sähköä kuin talossa kulutetaan, ylimääräinen energia voidaan varastoida akkuun. Myöhemmin akusta voidaan ottaa energiaa käyttöön silloin, kun paneelit eivät tuota sähköä – esimerkiksi iltaisin, pilvisinä päivinä tai sähköverkkoon liittyvissä tilanteissa, jolloin sähkön hinta on korkea tai verkko ei ole käytettävissä. Tällainen varastointi lisää kiinteistön energiaomavaraisuutta ja voi vähentää riippuvuutta sähköverkosta (Lemkem, n.d.).

Lisäksi esimerkiksi reservikäytössä pienikin energiavarasto (3–10 kWh per MW tuulivoimaa) voi merkittävästi vähentää tuulivoiman nopeita tehovaihteluita, jopa 10–40 %, koska se tasaa lyhytaikaisia tuotannon muutoksia ja parantaa verkon taajuusvakautta (Paatero & Lund, 2025). Eli pieniäkin energiavarastoja yhdistämällä aggregaattorien avulla, saadaan merkittävä tasapainottava vaikutus sähköverkkoon.

Taulukko 3. Kotiakkujen koot (Avepower, 2026)

Yleiset kodin akun kokoalueet

Akun koko (kWh)	Paras	Tyypillinen käyttö
5-7 kWh	Pienet kodit, huoneistot, off-grid-mökit	Perusvalot, jääkaappi, Wi-Fi; 6-10 tuntia
10-14 kWh	Standard 3 makuuhuoneen kodit	Kaikki välttämättömät tuotteet + yksi suuri laite; 8-16 tuntia
15-20 kWh	Suuremmat kodit, suuri energiankäyttö	Useimmat laitteet paitsi uima-allaspumppu tai keskus-AC
20-30+ kWh	Koko kodin varmuuskopiointi, pidennetyt katkokset, off-grid	Sisältää AC:n, lämmityksen, sähköauton latauksen

Kotitalouksien akkujen tyypillinen kapasiteetti on 4 kWh - 15 kWh ja niitä on olemassa monia eri tyyppisiä, mutta myös isompia kotiakkuja on saatavilla esimerkiksi kiinteistöihin tai maataloille. Karkeana akkukoon mitoituksena voidaan usein käyttää kaavaa $0,5 - 1 * \text{vuorokauden peruskulutus}$.

4.2 Akkujen eri tyypit

Litiumioniakku

Useimmat kotitalouksien ja yritysten akustot ovat tällä hetkellä litiumioniakkuja, koska niillä on hyvä suorituskyky ja ne ovat kestäviä ja lisäksi niiden huoltotarve

on vähäinen. Tämän takia vanhemmat lyijyakut ovat jo jääneet lähes kokonaan pois kiintestöakkumarkkinoilta. (Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water, n.d.).

Eryityisesti LiFePO_4 -akut ovat suosittuja aurinkoenergian varastoinnissa. Niitä voidaan ladata jopa yli 6000 kertaa ja ne säilyvät edelleen toimintakykyisinä. Päivittäisessä käytössä ne voivat kestää vuosia. Ne ovat myös turvallisimpia litiumakkutyyppejä. Niitä voidaan käyttää kotitalouksissa ilman ylikuumenemisen, syttymisen tai tulipalojen vaaraa, joka on merkittävä etu.

Litiumioniakkuja käytetään laajalti kulutuselektronikassa, robotiikassa ja lääkinällisissä laitteissa ja niillä on korkea energiatiheys (noin 120–270 Wh/kg). Ne ovat hyviä ratkaisuja kohteissa, jossa tarvitaan kompakteja ja kevyitä energian varastointiratkaisuja. Litiumin mahdollinen saatavuus tulevaisuudessa saattaa aiheuttaa haasteita, koska litiumvarannot ovat rajalliset.

Lyijyhappoakut

Alhaisten kustannusten ja kypsän teknologian ansiosta lyijyakut ovat helposti saatavilla ja käytössä. Ne ovat ihanteellisia varavirtajärjestelmiin, joilla on rajalliset budjetit ja alhaiset syklivaatimukset. (BSLBATT, 2026).

Lyijyhappoakun kestävä syklimäärä on noin 500–1500 sykliä, joten se menettää kapasiteettiaan melko nopeasti. Lyijy-happoakku sopii parhaiten harvoin käytettäviin varavoimaratkaisuihin, koska sen lyhyt syklikesto tekee siitä kalliin vaihtoehdon jatkuvassa käytössä. (Golden Future, 2025).

Natriumioniakut

Natriumioniakut ovat kehittyvä energian varastointiteknologia, jossa energiaa varastoidaan ja siirretään natriumionien (Na^+) avulla.

Natriumioniakkujen merkittävin etu on natriumin suuri saatavuus, sillä sitä esiintyy maankuoressa huomattavasti enemmän kuin esimerkiksi litiumia. Tämä parantaa toimitusvarmuutta ja mahdollistaa alhaisemmat tuotantokustannukset. Lisäksi natriumioniatut ovat turvallisempia kuin monet perinteiset akkutyyppit pienemmän lämpökarkaamisriskin ansiosta, minkä vuoksi ne soveltuvat erityisesti kiinteään energiavarastointiin ja teollisiin käyttökohteisiin (Large Power, 2025)

Virtausakut

Virtausakuissa energia varastoituu nestemäisiin elektrolyytteihin, mikä mahdollistaa energiakapasiteetin ja tehon toisistaan riippumattoman skaalaamisen eli esimerkiksi kapasiteettia voidaan kasvattaa tehon pysyessä samana. (Skylas-Kazacos ym. 2011).

Virtausakut soveltuvat erityisesti stationäärisiin energian varastointijärjestelmiin, joissa tarvitaan suurikokoista ja pitkäkestoista sähköenergian varastointia, kuten sähköverkon varastointiin, sähköntuotannon ja kulutuksen tasapainottamiseen sekä uusiutuvan energian, kuten tuuli- ja aurinkovoiman, vaihteluiden kompensoimiseen. Ne voidaan myös yhdistää käyttöön, jossa energiaa varastoidaan silloin kun tuotanto ylittää kulutuksen ja vapautetaan myöhemmin huippukulutuksen aikaan tai verkon kuormituksen tasaamiseksi (Wikipedia, n.d.).

Taulukko 4. Eri akkujen ominaisuuksia (BSLBATT, 2026.).

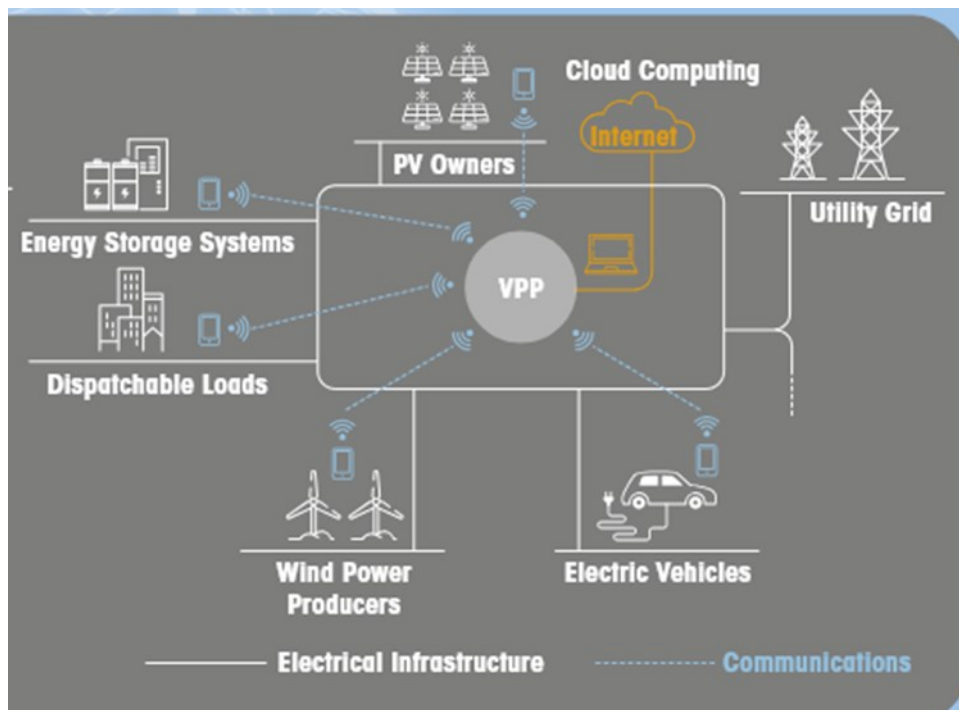
Keskeiset vaatimukset	Litiumrautafoosfaattiakku	Lyijyakku	Natriumioniakku	Virtausakku	NMC-akku
Syklin käyttöikä (syklit)	4000-10000	300-500	2000-5000	15000-2000	2000-4000
Kalenteri Elämä (vuotta)	10-15	2-5	3-10	20-25	8-15
Turvallisuustaso	Korkea	Korkea	Korkea	Korkea	Keskikokoinen
Energiatiheys (Wh/kg)	100-200	30-50	100-160	15-25	150-250
Kustannustaso	Keskikokoinen	Matala	Keskikokoinen	Erittäin korkea	Korkea

Taulukosta voidaan nähdä Litiumakun korkea syklimäärän kesto ja energiatiheys verrattuna esimerkiksi lyijyakkuun.

4.3 Kiinteistöakkujen rooli reservimarkkinoilla

Kiinteistöakut voivat toimia reservimarkkinoilla osana sähköjärjestelmän joustoa ja tasapainotusta.

Vaikka yksittäisellä kiinteistöakulla voi suoraan osallistua sähkömarkkinoille niiden pienen kapasiteetin takia niin yhdistämällä useita kiinteistöakustoja saadaan kapasiteettia kasvatettua niin paljon että liittyminen sähkömarkkinoille on mahdollista. Tämä tapahtuu yleensä niin sanottujen aggregaattorien välityksellä. Agregaattori osallistuu markkinoille asiakkaan puolesta ja saa siitä korvauksen, josta osa tilitetään akustojen omistajille. Tällaisesta kootusta akkujärjestelmästä, käytetään nimitystä virtuaaliakku tai virtuaalivoimala eli VPP (Virtual power plant).

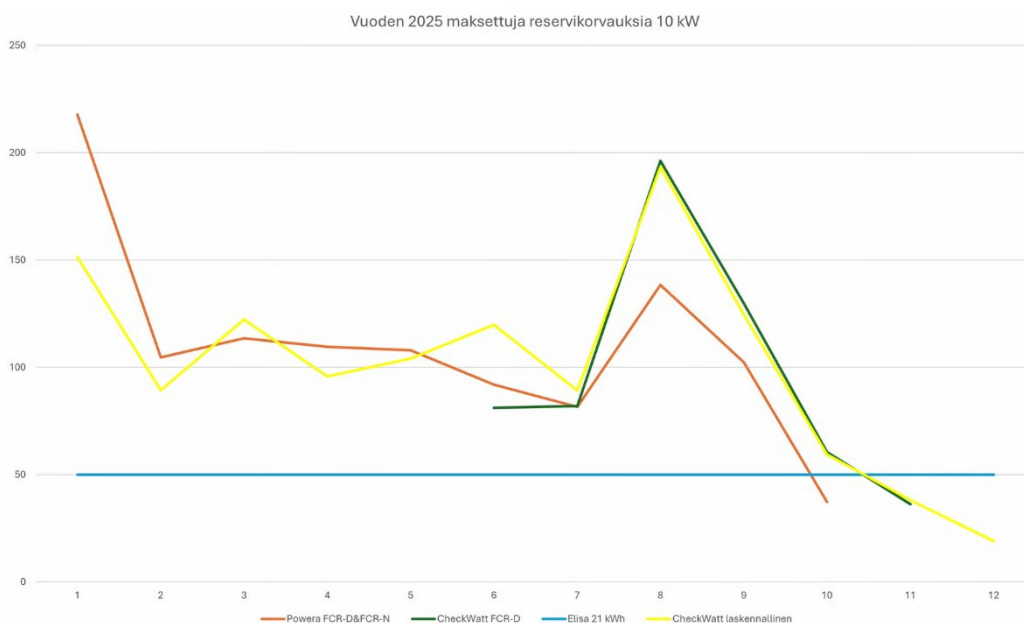


Kuva 8. (Energypedia 2025)

Reservimarkkinoille osallistumisessa on akkujen täytettävä tietyt ominaisuudet. Niiden teho ja kapasiteetti pitää olla riittävä, sekä vasteaika mahdollisimman lyhyt. Akustoa valittaessa pitää varmistaa akuston tehon suuruus, sillä suuri kapasiteetti (kWh) ei välttämättä takaa suurta tehoa (kW), eli mitä akusta

saadaan ulos kerralla. Reservimarkkinoilla teho on usein tärkeämpi kuin kapasiteetti eli tehoa pitää pystyä nostamaan tai laskemaan nopeasti. Tämä pätee erityisesti taajuusohjatuilla reserveilla. Pidemmät säätöreservit taas voivat edellyttää akuston suurempaa energiasisältöä eli kapasiteettia. (Wikipedia 2026).

Reservipalveluihin osallistuminen edellyttää myös älykästä ohjausjärjestelmää ja valvontaa. Akkujen on oltava etäohjattavissa ja mitattavissa reaaliaikaisesti, jotta ne voivat täyttää reservisopimusten vaatimukset. Tämä sisältää kommunikaation aggregaattorin ja kantaverkkooyhtiön välillä sekä luotettavan järjestelmän, joka varmistaa, että sovittu kapasiteetti on käytössä (Halme 2025).



Kuva 9. Maksetut reservikorvaukset €/kk 2025. (Energiamaratoonin video, youtube, 2026).

Kuvasta näkyy miten reservikorvaukset ovat laskeneet jyrkästi vuoden 2025 viimeisellä neljänneksellä ja parhaan korvauksen on saanut kiinteällä hyvityksellä.

Taulukko 5. Sähköjärjestelmän reservit (Fingrid Oyj n.d.b.).

Reservituote	Vaadittu aktivointinopeus*	Aktivointitapa	Säätösuunta
<u>FFR</u> Nopea taajuusreservi	~1 sekunti	Taajuusmittaukseen perustuva automaattinen aktivointi	Epäsymmetrinen tuote. Hankitaan vain ylössäätöä.
<u>FCR-D</u> Taajuusohjattu häiriöreservi	86 % tehosta 7,5 sekunnissa	Taajuusmittaukseen perustuva automaattinen aktivointi	Epäsymmetrinen tuote. Hankitaan erikseen ylössäätötuotetta (FCR-D ylös) ja alassäätötuotetta (FCR-D alas).
<u>FCR-N</u> Taajuusohjattu käyttöreservi	~63 % tehosta 1 minuutissa ja ~95 % tehosta 3 minuutissa	Taajuusmittaukseen perustuva automaattinen aktivointi	Symmetrinen tuote. Kohteen tulee kyetä sekä ylössäätöön että alassäätöön.
<u>aFRR</u> Automaattinen taajuuden palautusreservi	5 min	Fingridin lähettämään aktivointisignaaliin perustuva automaattinen aktivointi	Epäsymmetrinen tuote. Hankitaan erikseen ylössäätötuotetta (aFRR ylös) ja alassäätötuotetta (aFRR alas).
<u>mFRR</u> Manuaalinen taajuuden palautusreservi	12,5 min	Fingridin lähettämään aktivointipyyntöön perustuva manuaalinen tai automaattinen aktivointi	Epäsymmetrinen tuote. Hankitaan erikseen ylössäätötuotetta (mFRR ylös) ja alassäätötuotetta (mFRR alas).

Yleisin reservituote, johon kotiakut osallistuvat, on FCR (Frequency Containment Reserve), eli taajuuden vakautusreservi. Erityisesti FCR-D, koska akkujen nopea vaste sopii hyvin taajuuden stabilointiin (Power of sun, 2026).

5 Kotiakkujen investointilaskennan ja vertailun ohjelmistot

5.1 Ohjelmistojen rooli investointipäätöksen tukena

Ohjelmistot toimivat tärkeänä investointipäätöksen tukena, koska ne mahdollistavat aurinkosähkö- ja akkujärjestelmien teknisen ja taloudellisen simuloinnin ennen hankintaa. Niiden avulla voidaan arvioida järjestelmän tuottoa, omakäyttöä, säästöpotentiaalia ja takaisinmaksuaikaa sekä vertailla eri mitoitus- ja laitevaihtoehtoja. Tämä vähentää päätöksentekoon liittyvää epävarmuutta ja auttaa tekemään investoinnista kohteeseen parhaiten sopivan ja taloudellisesti perustellun. Samalla on tärkeää tiedostaa, että tulokset ovat aina arvioita, jotka perustuvat oletuksiin tulevista olosuhteista ja ne ovat riippuvaisia lähtötietojen laadusta eikä kaikkia tekijöitä ja muuttujia voida mallintaa täydellisesti.

5.2 Valmiit kotiakkujen vertailu- ja laskentatyökalut

PV*SOL online:

PV*SOL on saksalaisen Valentin Software GmbH:n kehittämä aurinkosähköjärjestelmien (PV-järjestelmien) suunnitteluun ja simulointiin tarkoitettu ohjelmisto. Ohjelmistoa käytetään laajasti aurinkoenergiajärjestelmien mitoituksessa, tuotantoennusteidenlaskennassa sekä erilaisten järjestelmävaihtoehtojen vertailussa.

Siitä on olemassa eritasoisia versioita, perinteinen 2D, sekä myös 3D-suunnittelun mahdollistava versio, jotka soveltuvat erityisesti suunnittelijoille, asentajille ja insinööreille, mutta ilmainen on-line versio sopii myös tavalliselle kuluttajalle.

PV*SOL soveltuu sekä pienten asuinkiinteistöjen että suurempien aurinkosähköjärjestelmien suunnitteluun.

PV*SOL mahdollistaa järjestelmän teknisen mallintamisen huomioiden muun muassa:

- aurinkopaneelien tekniset ominaisuudet (teho, hyötysuhde, valmistaja),
- paneelien lukumäärän ja asennustavan,
- asennuskulman ja ilmansuunnan,
- invertterien ominaisuudet,
- kaapeloinnin ja järjestelmän häviöt,
- varjostusten vaikutuksen energiantuotantoon,
- sekä paikalliset sää- ja säteilyolosuhteet.

Ohjelmiston laskenta perustuu meteorologisiin säteily- ja lämpötiladatoihin, joiden avulla voidaan arvioida aurinkosähköjärjestelmän vuosituottoa sekä kuukausittaista tuotantoprofilia. Simulointituloksena käyttäjä saa muun muassa arvioidun sähköntuotannon, järjestelmän omakäyttöasteen sekä syötetyn sähkön määrän verkkoon. Ohjelmisto tukee myös akkujärjestelmien mallintamista, mikä mahdollistaa aurinkosähkön varastoinnin vaikutusten tarkastelun.

PV*SOL tarjoaa visuaalisen käyttöliittymän, jossa järjestelmän sijoittelu voidaan esittää kaksi- tai kolmiulotteisesti. Tämä helpottaa esimerkiksi paneelien sijoittelun ja varjostusten arviointia rakennuksen rakenteiden, ympäröivien rakennusten tai maaston perusteella. Lisäksi ohjelmisto tuottaa raportteja, joita voidaan hyödyntää suunnitteludokumentaatioissa, investointilaskelmissa ja päätöksenteon tukena.

PVSOL-ohjelmistoa käytetään laajasti aurinkosähköalan ammattilaisten, suunnittelijoiden, oppilaitosten ja tutkimusorganisaatioiden toimesta. Sen avulla voidaan vertailla erilaisia järjestelmäkoonpanoja, kuten paneelityyppejä, asennuskulmia ja järjestelmän mitoitusta, sekä arvioida näiden vaikutusta energiantuotantoon ja järjestelmän kannattavuuteen. (Valentin Software GmbH, 2025)

PVSOL ei anna suoraa suositusta akuston kannattavuudesta tai sen mahdollisesta koosta vaan ilmoittaa auringon säteilyn määrän kohteessa ja aurinkopaneelien mahdollisen tuoton, jonka perusteella voi laskea kannattaako akuston hankkiminen.

PV modules: 5.81 kWp

1KOMMAS* 1KOMMAS* Module FullBlack 415W

❗ P: 415 Wp, η : 21.24 %, Type: mono

No. of Modules 14

Total PV power 5.81 kWp

Inclination 15 Orientation 180

Installation type Roof parallel - good rear ventilation

Albedo % 20

Shadowing % 7

Soiling % 5

Kuva 10. PVSol Online-ohjelman käyttöliittymä (PVSol Online, 2026).

PVGIS

PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) on Euroopan komission (JRC) kehittämä ilmainen verkkotyökalu, jonka avulla voidaan laskea

aurinkosähköjärjestelmien energiantuottoa eri paikkakunnilla. Se yhdistää paikalliset säteily-, ilmasto- ja maantiedot laskenta-algoritmeihin, joiden avulla saadaan realistinen arvio:

- kuinka paljon aurinkopaneelit tuottavat sähköä vuodessa
- miten aurinkosäteily jakautuu eri kuukausille
- miten sijainti, paneelien suunta ja kallistus vaikuttavat tuottoon

PVGIS on suunniteltu kattamaan Euroopan ja Afrikan alueet, mutta sitä voi käyttää myös Suomessa. Se on hyödyllinen erityisesti silloin, kun halutaan arvioida aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto tietyllä sijainnilla tai laskea säteilyn määrä eri suuntiin ja kulmiin paneeleille tai verrata eri paneelikokoonpanoja (esim. etelä vs. länsi vs. itä suuntaus), tai kun halutaan tuottaa lähtötietoja tarkempaan simulointiin.

PVGIS ei ole asennettava ohjelma, vaan verkkosovellus ja rajapinta (API), johon voi syöttää parametrit ja saada halutut tulokset.

PVGIS laskee tuotannon määrän käyttäen seuraavia lähtötietoja:

Sijainti

- Paikkakunnan koordinaatit (leveysaste ja pituusaste)
- Paikallinen säädata, mukaan lukien säteilyn määrä eri kuukausina

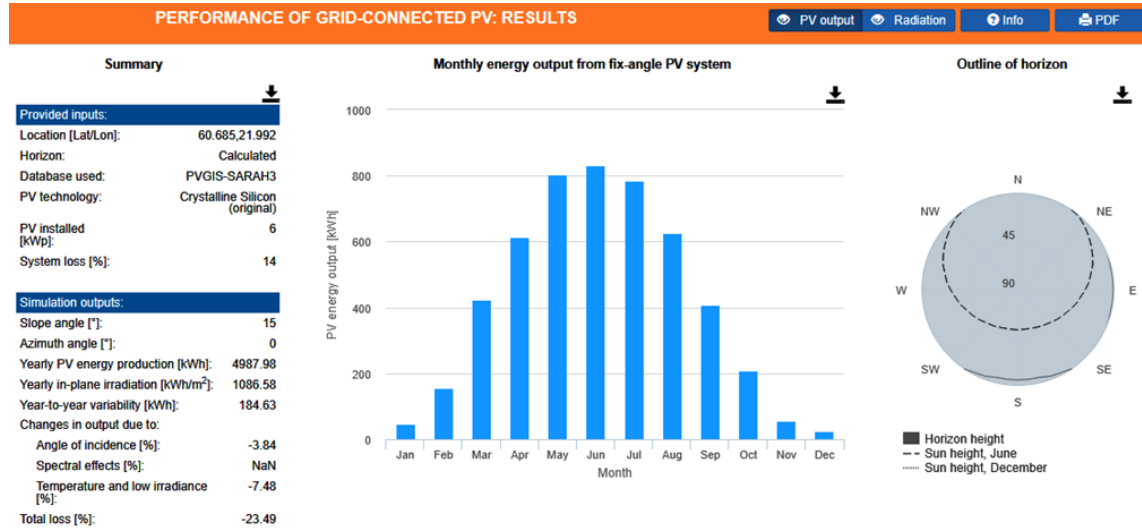
Paneelien asetukset

- Slope eli kallistuskulma (esim. 15°, 30°, 45°)
- Azimuth eli suunta (180° = etelä, 90° = itä, 270° = länsi)

Paneelien tekniset tiedot

- Teho (W)
- Hyötysuhde
- Häviöt kaapeleissa ja komponenttien lämpötilassa

PVGIS laskee sen pohjalta vuotuisen energiantuoton (kWh), säteilyarvot eri kuukausille ja asennuskulmiin sekä tuotannon erot eri suuntiin asennettaessa.



Kuva 11. PVGIS-Ohjelmiston käyttöliittymä (Euroopan komissio 2025).

VERKKOLIITON YHTEYDESSÄ OLEVAN PV:N SUORITUSKYKY

Auringon säteilytietokanta * PVGIS-SARAH3

Aurinkosähkötekniikka * Crystalline Silicon (original)

Asennettu huippu PV-teho [kWp]* 6

Järjestelmähäviö [%]* 14

Kiinteät asennusvaihtoehdot

Asennusasento * Roof added / Building integ

Rinne [°]* 15

AzimuthAzimutti [°]* 0

Optimoi kaltevuus

Optimoi kaltevuus ja atsimuutti

Kuva 12. PVGIS-ohjelmiston käyttöliittymä (Euroopan komissio 2025).

Elisa säästölaskuri

Elisan säästölaskurin avulla voi karkeasti arvioida akuston taloudellista vaikutusta. Syöttämällä perustiedot sähkön kulutuksesta vuositasolla, asumismuodosta, sekä mahdollisista paneeleista ja invertterin iästä, se antaa suosituksen sopivan kokoisesta akusta ja arviot sähkön myynnistä ja siirrosta saatavat säästöt sekä summan akkureservihyvityksestä, mikäli osallistuu reservimarkkinoille.

Laskuri käyttää arviossa pörssisähkön keskihintaa, eli laskurin käyttäjällä pitää olla pörssisähkömuotoinen sopimus, jotta arviot olisivat suoraan käyttökelpoisia. Laskuri ottaa huomioon akkujen automaattisen ohjauksen, eli akku latautuu halvalla sähköllä tai aurinkosähköllä ja purkaa kun sähkön hinta on korkea. Laskuriin ei saa itse asetettua sääolosuhteita tai paneelien asennuskulmaa tai suuntaa tai häviöitä.

Mikä seuraavista kuvaa asumistasi parhaiten?

Omakotitalo Rivitalo Paritalo Kerrostalo Mökki tai vapaa-ajan asunto

2 Aurinkopaneelit

3 Aurinkopaneelien koko

4 Invertterin ikä

5 Invertterin tyyppi

6 Sähkösopimuksen tyyppi

7 Sähkön keskihinta

8 Sähkön vuosikulutus

9 Yhteenveto

Kuva 13. Elisa säästölaskuri (Elisa Oyj (n.d.).

✓ **Yhteenveto**

Saamasi taloudelliset hyödyt

Suosittelun akkukoko	14 kWh (sopivin akun koko varmistetaan kartoitusvaiheessa)	
Arvioitu säästö sähkölaskulla	+ 34,00 €/kk	
Arvioitu säästö siirtomaksuissa	+ 12,33 €/kk	
Akkureservihyvitys	+ 35,00 €/kk	
Arvio taloudellisista hyödyistä	= 81,33 €/kk	
Laitteiston kustannus (14 kWh)	6299,00 €	
Asennusmaksu alk. Perusasennus ilman lisätoita	1999,00 €	
Kotitalousvähennys 35 % asennusmaksun työn osuudesta Tarkista omavastuu ja vähennyksen rajat	- 525,00 €	
Arvioitu takaisinmaksuaika Akun takuu aika 15 vuotta	8 vuotta	

Kuva 14. Elisa säästölaskuri (Elisa Oyj n.d.).

Rasol-akkulaskuri

Rasol Oy on suomalainen uusiutuvan energian palveluyritys, joka tarjoaa aurinkosähköjärjestelmien, akkuvarastojen ja energiaratkaisujen suunnittelua, myyntiä ja asennusta ympäri Suomea. Yritys tarjoaa myös erilaisia työkaluja ja laskureita, joilla kuluttajat ja yritykset voivat arvioida aurinkosähkön ja energian varastoinnin taloudellista hyötyä omassa kohteessaan.

Rasol-akkulaskuri on verkkolaskuri, jonka avulla käyttäjä voi arvioida, kuinka paljon sähkökuluja voisi säästää aurinkopaneelien ja energian varastoinnin (akkujen) avulla. Työkalu hyödyntää Suomen keskiarvoisia sähkönkulutus-, tuotanto- ja pörssisähkötietoja laskennassaan. Laskuri on suunniteltu antamaan suuntaa antava arvio siitä, miten investointi aurinkopaneelisiin ja akustoon

vaikuttaisi sähkölaskuun. Tulokset perustuvat laskurin oletuksiin ja suomalaisiin keskiarvoihin ja ne ovat arvioita (Rasol Oy, n.d.).

Kuva 15. Rasol akkulaskuri (Rasol Oy, 2026).

<https://rasol.fi/akkulaskuri/#kokeilelaskuria>

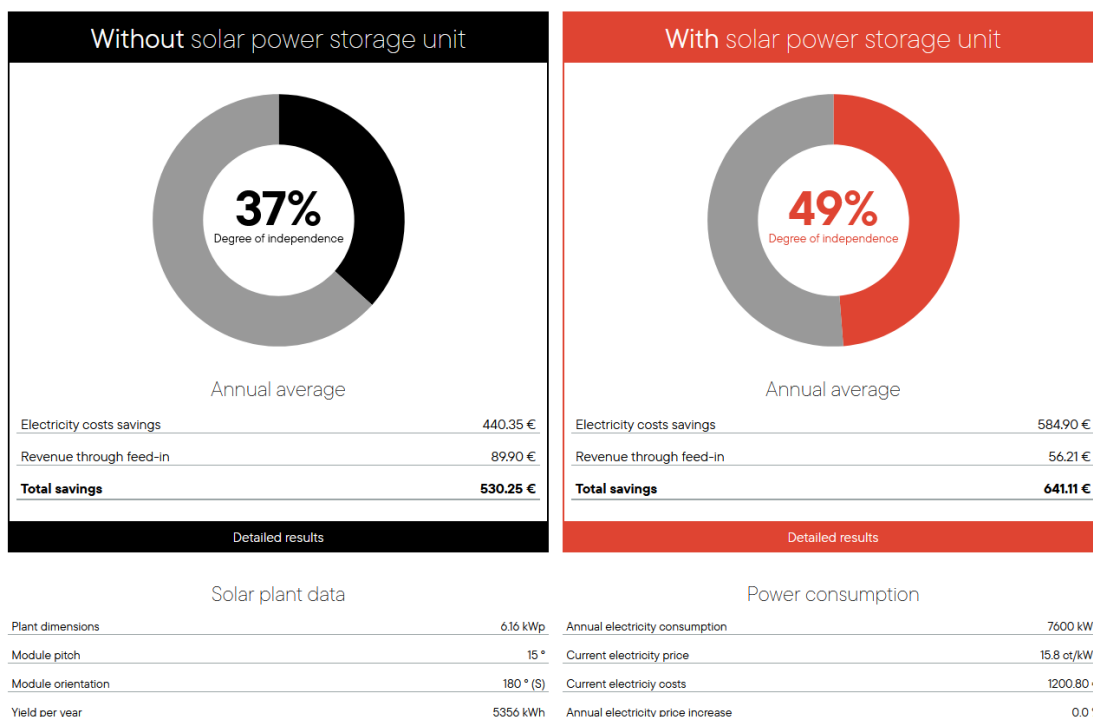
IBC-SOLAR Powercalculator

IBC Solar AG on saksalainen aurinkosähköalan yritys, joka tarjoaa laajan valikoiman aurinkosähköjärjestelmien komponentteja, akkujärjestelmiä ja suunnittelupalveluita. Yrityksen ohjelmistopohjaisia laskureita käytetään usein arvioimaan aurinkosähkön tuotantoa, taloudellisia hyötyjä ja järjestelmän omakäyttöastetta. IBC Solar tunnetaan pitkästä kokemuksestaan, laajasta tuotevalikoimastaan ja kyvystään tarjota kokonaisratkaisuja niin kotitalouksille kuin kaupallisille kohteillekin.

BC Solar Powercalculator on verkkopohjainen laskuri, jonka avulla voidaan arvioida aurinkosähköjärjestelmän vuosituotantoa, omakäyttöastetta ja vuotuista

säästöä sekä ilman akkua että akuston kanssa. Laskuri yhdistää sijainnin säteilydatan, aurinkopaneelien tekniset tiedot ja sähkönkulutuksen tuottaakseen vertailukelpoiset luvut. (IBC Solar AG, n.d.)

Results



This calculation is based on the results of the nearest irradiation sensor. Distance to the selected location: 152.0km
The accuracy and completeness cannot be guaranteed.

Kuva 16. ibc-solar laskuri (IBC SOLAR AG, n.d.).

Tuloksina esitetään muun muassa omavaraisuusaste, säästöt ostosähkössä ja verkkoon myynnistä saatavat tulot.

Laskuri perustuu vuosikeskiarvoihin ja tyypillisiin kulutusprofiileihin, eikä se huomioi kohteen todellista tuntikohtaista kuormaprofiilia tai sähkön tuntihintojen vaihtelua.

Akun ohjaus ja hyötysuhde mallinnetaan yksinkertaistetusti, eikä akun ikääntymisen vaikutusta huomioida pitkällä aikavälillä. Lisäksi ylijäämäsähkön myyntihinta ja sähkön ostohinta oletetaan kiinteiksi käyttäjän syöttämien arvojen perusteella. Näistä syistä laskurin antamat tulokset ovat suuntaa antavia

arvioita, eivät tarkkoja ennusteita yksittäisen kohteen todellisista taloudellisista hyödyistä.

6 Kiinteistöakun kannattavuuslaskenta kohteessa

6.1 Lähtötiedot ja oletukset

Kohde on 120 m² OK-talo, jossa on sähkölämmitys. Kohde sijaitsee Lounais-Suomessa.

Kohteessa on ilmalämpöpumppu ja varaava takka sekä kaksi asukasta ja talon eristystä on parannettu, mikä selittää pienen sähkönkulutuksen verrattuna yleisesti käytettyyn sähkölämmitteisen ok-talon sähkönkulutukseen 18000 kWh/vuosi.

Tarkasteltavan omakotitalon verkosta ostettu sähköenergia on noin 6000 kWh vuodessa. Aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto on noin 4900 kWh, josta noin 1600 kWh käytetään suoraan kiinteistössä ja noin 3300 kWh myydään sähköverkkoon eli omakäyttöaste on noin 33 %.

Kiinteistön kokonaisvuosikulutus on siten noin 7600 kWh ja kiinteistössä on kiinteähintainen sähkösopimus.

Sähkön ostohinnan muuttuvat kustannukset koostuvat energiahinnasta, siirtomaksusta ja sähköverosta. Aurinkosähkön myyntihinnaksi oletetaan kiinteä 3,5 c/kWh. Kiinteistöakun hyötysuhteeksi oletetaan 90 %, mikä on tyypillinen arvo litiumioniakkujärjestelmille.

Lähtötiedot:

- Energiahinta: 7,69 snt/kWh
- Siirtomaksu: 5,25 snt/kWh
- Sähkövero: 2,83 snt/kWh
- Ostosähkön kokonaismuuttuva hinta: 15,78 snt/kWh
- Aurinkosähkön myyntihinta: 3,5 snt/kWh
- Akun hyötysuhde: 90 %
- Akun investointikustannus: 8300 €
- Reservimarkkinoiden kiinteä korvaus: 35 €/kk (420 €/a)

- 6kW:n aurinkovoimalan vuosituotto 4900 kWh
- Voimalasta omaan käyttöön 1600 kWh
- Myyntiin menevä sähkön määrä 3300 kWh

6.2 Nykyinen aurinkosähkön omakäytön taloudellinen hyöty

Aurinkosähkön omakäytön arvo muodostuu ostosähkön säästöstä. Yksi itse käytetty kilowattitunti vähentää ostosähkön tarvetta koko muuttuvan hinnan verran. Eli vuodessa säästöä tulee $1600 \text{ kWh} * 0,1578 \text{ €/kWh} = 252,48 \text{ €/vuosi}$.

Aurinkosähkön nykyinen omakäyttö tuottaa siten noin $252,48 \text{ €/vuosi}$ säästöä verrattuna tilanteeseen ilman aurinkosähkölaitteita.

Sähkön myynnistä tuleva tuotto $3300 \text{ kWh} * 3,5 \text{ snt/kWh} = 115,50 \text{ €/vuosi}$

Yhteensä $367,98 \text{ €}$

6.3 Kiinteistöakun lisähyöty aurinkosähkön omakäytössä

Kiinteistöakun tarkoituksena on siirtää osa aurinkosähkön ylijäämästä (3300 kWh/a) omaan käyttöön. Kun ylijäämäsähköä siirretään akkuun, vältetään ostosähkön hankinta, mutta samalla menetetään kyseisen energian myyntitulo.

Kun 1 kWh aurinkosähköä ladataan akkuun, hyötykäyttöön saadaan noin 0,9 kWh (hyötysuhde 90 %) ja ostosähköä vältetään 0,9 kWh, jolloin nettohyöty per akkuun ladattu kilowattitunti on $0,9 * 0,1578 \text{ €} = 0,142 \text{ €}$ josta vähennetään menetetty myyntitulo $0,035 \text{ €}$ saadaan säästöksi $0,107 \text{ €/kWh}$

Kiinteistöakun lisähyöty riippuu siitä, kuinka suuren osan myyntiin menevästä energiasta akku pystyy todellisuudessa siirtämään omaan käyttöön. Tätä tarkastellaan skenaarioina.

Taulukko 6. Akun lisähyöty ilman reservimarkkinoita ja pörssisähkön optimointia.

Akun hyödyntämä osuus myyntisähköstä 3300 kWh	Akulle ladattu energia (kWh/v)	Akun nettohyöty (€/v)	Takaisinmaksuaika (v)
25 %	825	88	94,3
50 %	1650	177	47
75 %	2475	265	31,3
100 %	3300	353	23,5

Tuloksista nähdään, että ilman lisätuloja kiinteistöakun takaisinmaksuaika muodostuu hyvin pitkäksi, eikä investointi ole taloudellisesti perusteltu pelkän aurinkosähkön omakäytön lisäämisen perusteella.

6.4 Reservimarkkinoiden vaikutus kannattavuuteen

Kiinteistöakku voi osallistua reservimarkkinoille aggregaattoripalvelun kautta. Tässä työssä reservimarkkinoiden tuottoa tarkastellaan kiinteän kuukausikorvauksen avulla, joka on 35 €/kk eli 420 €/vuosi. Korvaus ei riipu aktivoitujen reservien määrästä. Reservikorvaus lisätään suoraan akun vuotuisen hyötyyn.

Taulukko 7. Akun kokonaiskannattavuus 35 €/kk reservikorvauksen kanssa.

Akun hyödyntämä osuus myyntisähköstä	PV-siirron hyöty (€/v)	Reservikorvaus (€/v)	Kokonaishyöty (€/v)	Takaisinmaksuaika (v)
25 %	88	420	508	16,3
50 %	177	420	597	13,9
75 %	265	420	685	12,1
100 %	353	420	773	10,7

Reservimarkkinoiden kiinteä korvaus lyhentää takaisinmaksuaikaa merkittävästi. Tässä tarkastelussa reservitulon osuus akun vuotuisesta hyödystä on suurempi kuin aurinkosähkön omakäytön lisäyksestä saatava hyöty.

Taulukko 8. Akun kokonaiskannattavuus 60 €/kk reservikorvauksen kanssa.

Akun hyödyntämä osuus myyntisähköstä	PV-siirron hyöty (€/v)	Reservikorvaus (€/v)	Kokonaishyöty (€/v)	Takaisinmaksu aika (v)
25 %	88	720	808	10,3
50 %	177	720	897	9,3
75 %	265	720	985	8,4
100 %	353	720	1073	7,7

6.5 Kannattavuuden epävarmuustekijät

Laskenta perustuu useisiin oletuksiin, jotka vaikuttavat tuloksiin. Kuten esimerkiksi akun kapasiteetin heikkenemistä tai muuta kulumista ei ole otettu huomioon. Reservikorvaus on oletettu kiinteäksi mitä se ei aina ole ja takaisinmaksun laskenta perustuu yksinkertaiseen takaisinmaksuaikaan ilman diskonttausta.

Tästä huolimatta tulokset antavat hyvän suuntaa antavan kuvan kiinteistöakun taloudellisesta potentiaalista tarkasteltavassa kohteessa.

6.6 Yhteenveto kannattavuudesta

- Pelkkään aurinkosähkön omakäytön lisäämiseen perustuva akku ei ole taloudellisesti kannattava tässä kohteessa.
- Reservimarkkinoiden korvaus parantaa kannattavuutta, mutta korvauksen pitäisi olla vähintään 60 €/kk, jotta päästäisiin alle kymmenen vuoden takaisinmaksuaikaan kiinteähintaisella sähkösopimuksella. Pörssisähkö ja sen optimointi parantaisi tuottoa ja lyhentäisi takaisinmaksuaikaa.

7 Tulosten tarkastelu ja pohdinta

Kohteen sähkönkulutus on suhteellisen alhainen sähkölämmitteiseksi omakotitaloksi. Tämä vaikuttaa aurinkosähkö- ja akkuinvestointien kannattavuuteen heikentävästi.

Tuloksista voi havaita, että akustoa hankittaessa kohteeseen, jossa sähkön hinta on kiinteä, on takaisinmaksuaika melko pitkä ja ei akkuihin investointi ole ehkä ylipäättään kannattava. Yleensä käytetäänkin muuttuvahintaista pörssisähköä akustojen kanssa, jolloin saadaan hyödynnettyä sähkön hinnan halpoja tunteja lataukseen ja tasattua korkeita hintapiikkejä.

Mahdollisten lataussykliä lisääntyminen reservikäytön vuoksi jäi huomioimatta, koska käyttötarvetta on hankala etukäteen arvioida, mutta akun mahdollista lisärasitusta ja kulumista on hyvä pohtia reservimarkkinoille liityttäessä. Myös reservimarkkinoille osallistumisesta maksettavat hyvitykset vaihtelevat ja saattavat olla eri suuruisia esimerkkitapaukseen verrattuna, joten kannattavuus ja takaisinmaksuaikakin voi vaihdella. Myös mahdollinen kotitalousvähennys verotuksessa parantaa akun hankinnan kannattavuutta.

7.1 Ohjelmistojen tulosten tarkastelu

Vertailussa tarkasteltiin ohjelmistojen käyttöliittymiä ja ominaisuuksia sekä annettiin tutkimuskohteen tiedot ja sijainti ja vertailtiin tuloksia eri ohjelmistoilla.

PVSOL

PV sol:ssa kohteen sijainti valittiin kartalta. Lisäksi annettiin kulutus 7600 kWh, valittiin 14 kappaletta 415 watin monokidepaneeleita, joiden kokonaisteho oli 5,81kWp, kallistuskulmaksi valittiin 15 astetta ja suunnaksi etelä. Asennustyyppi oli katon suuntainen ja alta tuulettuva.

Ympäristön heijastaman valon (albedo) arvoksi laitettiin 20 %, mikä on realistinen Suomessa. Varjostukseksi valittiin 7 % ja likaantumiseksi 5 %. Invertteriksi valittiin Fronius international.

Tulokseksi saatiin vuotuiselle säteilyenergian tuotolle 9117 kWh, mikä ei voi edes teoriassa pitää paikkansa. Vaihdettaessa paneelivalmistajaa tulokset muuttivat realistisemmiksi, joten virhe oli joko paneelivalmistajan antamissa tiedoissa tai ohjelmistossa. Toisella valmistajalla saatiin vuosittaiseksi säteilyenergian tuotoksi 5269 kWh, mikä on melko lähellä kohteen invertteriltä saatua lukemaa (4900 kWh).

PVSOL ei anna suoraa suositusta akuston kannattavuudesta tai sen mahdollisesta koosta vaan ilmoittaa auringon säteilyn määrän kohteessa kWh/m² ja aurinkopaneelien mahdollisen tuoton, jonka perusteella voi laskea kannattaako paneelien tai akuston hankkiminen.

PVGIS

PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) on Euroopan komission Joint Research Centre – tutkimusyksikön kehittämä verkkopohjainen aurinkosähkön potentiaalilaskuri ja tietopalvelu ja se tarjoaa tietoa auringon säteilystä ja aurinkosähköjärjestelmän suorituskyvystä missä tahansa paikassa maailmassa pois lukien pohjois- ja etelänavat. Se on ilmainen työkalu, jota voi käyttää suoraan selaimessa.

PVGIS antaa arviot esimerkiksi aurinkosäteilyarvoista (esim. horisontaalinen säteily ja kallistetun pinnan säteily), aurinkosähköjärjestelmän vuotuisesta ja kuukausittaisesta tuotannosta, sähköntuotosta tietyllä sijainnilla, paneelien kallistuksella ja suuntauksella, tunnin, päivän ja vuoden säteily- ja tuotantoarvot (TMY-data) sekä PV-järjestelmän tuottoennusteen. PVGIS käyttää mallinnuksessa satelliitti- ja sääasemadataa.

PVGIS ohjelmistoon laitettiin kohteen sijainti, paneelien teho ja häviöt sekä paneelien kulma ja ilmansuunta.

Tulokseksi saatiin vuotuiselle energian tuotolle 4822,9 kWh mikä on hyvin lähellä kohteen invertteristä saatua lukemaa (4900 kWh) ja sitä voidaan pitää luotettavana.

PVGIS ei anna suoraa suositusta akuston kannattavuudesta tai sen mahdollisesta koosta vaan ilmoittaa auringon säteilyn määrän kohteessa ja aurinkopaneelien mahdollisen tuoton, jonka perusteella voi laskea kannattaako paneelien tai akuston hankkiminen.

Elisa säästölaskuri

Elisa säästölaskurissa annetaan pyydetyt tiedot, jonka jälkeen laskuri ilmoittaa arvioidut tuotot ja säästöt. Laskurissa ei ole paneelien optimointimahdollisuutta.

Valikkoon asetettavat tiedot:

- asumismuoto
- mahdolliset paneelit ja niiden koko
- invertterin ikä
- invertterin tyyppi
- sähkösopimuksen tyyppi
- sähkön keskihinta
- sähkön vuosikulutus

Laskuri ilmoittaa arvioidut säästöt, reservihyvityksen, laitteiston kustannukset asennuksineen ja arvioidun takaisinmaksuajan.

Laskuri suositteli akkukooksi 6kW:n paneeleille 14 kWh:n akustoa ja arvioi säästöksi sähkön ostossa ja siirrossa 45 €/kk ja reservihyvityksen kanssa 80 €/kk. Laitteiston hinnaksi annettiin 8300 € ja takaisinmaksuajaksi tulisi 8 vuotta ja yksi kuukausi. Arvio taloudellisesta hyödystä oli 80 €/kk eli 960 €/vuosi. Laskuissa oli otettu mukaan mahdollinen kotitalousvähennys 525 €.

Laskurin antamat takaisinmaksuajat edustavat ehkä hieman optimistista skenaariota. Todellinen takaisinmaksuaika voi olla pidempi, jos aurinkosähkön omakäyttöaste jää odotettua pienemmäksi, tai sähkön hintavaihtelun hyödyntäminen ei onnistu täydellisesti käytännössä.

Rasol akkulaskuri

Rasol akkulaskurissa annettavat tiedot:

- onko kohde asuintalo vai liikekiinteistö

- pääsulakkeiden koko (antaa invertterin maksimikoon)
- verkkoyhtiö
- sähkön kulutus vuodessa
- aurinkovoimalan koko
- akuston koko
- onko älykäs optimointi
- reservimarkkinoille osallistuminen

Laskurissa ei ole paneelien optimointimahdollisuutta.

Sivusto näytti tuotannoksi auringosta 5082 kWh vuodessa, mikä on melko lähellä kohteesta saatuja tietoja. Omakäyttöasteeksi pelkillä aurinkopaneeleilla tuli 22,6 % ja säästökäsi 411 euroa vuodessa, joka oli 159 euroa enemmän kuin kohteen todellinen säästö.

Vaikka omakäyttö oli todellisuutta 10 % pienempi antoi laskuri silti suuremman säästön kuin todellisuudessa. Tämä johtui laskurin noin 2 snt korkeammasta ostosähkön hinnasta sekä mahdollisesta korkeammasta sähkön myyntihinnasta, jota ei laskurissa näy.

Jos valintaan lisättiin 10 kWh: akusto niin omakäyttöaste näytti 54,4 % ja säästö 632 euroa vuodessa. Koska kohteessa ei akustoa ole, jäi todelliset arvot tarkastamatta. Älykäs optimointi nosti säästöt 815 euroon vuodessa ja reservimarkkinat 1618 euroon vuodessa. Reservimarkkinat laskivat omakäyttöastetta 38,5 prosenttiin. Reservimarkkinakorvaukseksi tuli 960 euroa vuodessa älykkään optimoinnin kanssa. Korvaukseksi tuli siis 80 euroa kuukaudessa mikä on yli kaksi kertaa enemmän kuin kohteessa olleeseen kiinteään 35 euroon kuukaudessa ja sitä voidaan pitää hieman suurena.

Laskuri vaikutti hieman optimistiselta vuosittaisen säästön suhteen, mutta oli selkeä ja helppokäyttöinen.

Laskurin antamat vuosisäästöt perustuvat useisiin optimistisiin oletuksiin. Erityisesti reservimarkkinoilta saatava korvaus muodostaa suuren osan kokonaisuudesta, vaikka kyseinen tulovirta on markkinatilanteesta riippuva ja

pitkällä aikavälillä epävarma. Lisäksi älykkään optimoinnin oletetaan pystyvän hyödyntämään sähkön tuntihintojen vaihtelua tehokkaasti, mikä edellyttää suotuisaa kulutusprofiilia ja riittävää akun käytettävyyttä. Omakäyttöasteen nousu on sinänsä realistinen, mutta sen suuruus vaihtelee merkittävästi kohdekohtaisesti. Näistä syistä laskurin antamaa kokonaisvuosisäästöä voidaan pitää parhaaseen tapaukseen perustuvana arviona.

IBC-SOLAR Powercalculator

IBC- solar akkulaskuri on tyypillinen investointilaskuri, joka perustuu omakäytön lisääntymiseen, ostosähkön korvaamiseen ja mahdolliseen ylijäämäsähkön myyntiin.

Se ei normaalisti huomioi pörssisähkön tuntioptimointia, eli arbitraasia (osto halvalla – käyttö kalliilla) tai reservimarkkinoiden tuottoja. Eli jos ei halua reservimarkkinoille ja käytössä on kiinteä sähkön hinta, tämä on sopiva laskuri akuston hankintaan.

IBC-solarin tulokset olivat hieman todellisia korkeammat johtuen mm. suuremmasta tuotannon odotuksesta 5356 kWh kun todellinen arvo on 4900 kWh ja arvioidusta omakäyttöasteesta 37 % kun todellinen arvo on noin 33 %, jolloin myös annettu säästö 530,25 € on todellista suurempi. Tuotannon arvioitu määrä perustuu annettuun sijaintiin eikä sitä voi itse muuttaa, mikä voidaan laskea puutteeksi.

8 Johtopäätökset ja jatkotutkimusaiheet

Ohjelmistot, jotka arvioivat paneelien tuottoa kuten PV-GIS PV*SOL antoivat varsin oikeansuuntaisen kuvan sijainnista saatavasta säteilymäärästä, jonka mukaan voidaan laskea mahdollinen maksimituotto. Ohjelmistot olivat melko helppoja käyttää, vaikka jonkinasteista tietämystä pitää olla, jotta osaa arvioida esimerkiksi häviöitä, varjostusta tai vaikka lappeen kulmaa.

Akustojen vertailulaskureissa on jonkin verran eroavaisuuksia tulosten suhteen, koska laskentatapoja on monia ja oletuksille ja arvioille jää paljon tilaa. Laskurit saattavat käyttää myös kaikkein optimaalisimpia olosuhteita ja arvoja, jolloin lopputuloskin on siis paras mahdollinen, mutta ei välttämättä vastaa todellisuutta. Reservimarkkinat ja niistä tulevat hyödyt ovat usein markkinoista riippuvaisia, ja niitä voi olla vaikea ennustaa. Aggregaattorien kanssa tehtävät sopimukset poikkeavat toisistaan ja niiden sähkön optimoinnin tasosta ja toimivuudesta ei välttämättä ole vielä paljon tietoa.

Jatkotutkimuksena voisi olla akustojen käyttäjätietojen ja kokemusten kerääminen sekä esimerkiksi reservimarkkinoilta saadut todelliset hyödyt ja haitat.

Lähteet

Almerini, A. (2025). What is half-cut solar cell technology? [blogikirjoitus]. *SolarReviews*. <https://www.solarreviews.com/blog/half-cut-solar-cell-technology-explained>

Australian Government: Department of Climate Change, Energy, the Environment and Water. (n.d.). Batteries. Haettu 9.3.2026 sivustolta <https://www.energy.gov.au/solar/get-know-solar-technology/batteries>

Avepower. (23.2.2026). Minkä kokoisen kodin akun tallennustilaa tarvitset? <https://avebattery.com/blog/what-size-home-battery-storage-do-you-need/>

BSLBATT. (2026). What batteries are used for energy storage systems? Haettu 9.3.2026 sivustolta <https://www.bsl-battery.com/news/what-batteries-are-used-for-energy-storage-systems/>

Caruna Oy. (n.d.a). Frequently asked questions about electricity distribution pricing. Haettu 9.3.2026 sivustolta <https://caruna.fi/en/products-and-services/home-and-real-estate/electricity-distribution-prices/faq-about-electricity?>

Caruna Oy. (n.d.b). Sähkövero ja sähköveroluokat. Haettu 9.3.2026 sivustolta <https://caruna.fi/tuotteet-ja-palvelut/kotiin-ja-kiinteistoon/sahkovero?>

Elenom. (2025). Mitä eroa on eri aurinkopaneelityyppien välillä? <https://www.elenom.fi/mita-eroa-on-eri-aurinkopaneelityyppien-valilla/>

Elisa Oyj. (n.d.). Elisa Kotiakun säästölaskuri. <https://elisa.fi/kotiakku/laskuri/>

EnergiaEki. (n.d.). Mikä on invertteri? <https://www.energiaeki.fi/aurinkopaneelit/invertteri/>

Energiamaratoon. (13.1.2026). Kotiakut reservimarkkinalla [video]. <https://www.youtube.com/watch?v=BJiBYEV8HiE>

Energypedia. (2025). Virtual power plants and the role of regulation. Haettu 5.3.2026 sivustolta

[https://energypedia.info/wiki/Virtual Power Plants and the Role of Regulation](https://energypedia.info/wiki/Virtual_Power_Plants_and_the_Role_of_Regulation)

Euroopan komissio. (2025). Photovoltaic Geographical Information System.
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

Fingrid Oyj. (2023). Ehdot ja edellytykset taajuuden vakautusreservin (FCR) toimittajalle.

<https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/sahkomarkkinat/reservit/ehdot-ja-edellytykset-taajuuden-vakautusreservin-fcr-toimittajalle.pdf>

Fingrid Oyj. (n.d.a). Miten sähkön hinta muodostuu?

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/yleistietoa-sahkomarkkinoista/miten-sahkon-hinta-muodostuu>.

Fingrid Oyj. (n.d.b). Sähköjärjestelmän reservit.

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/reservit/sahkojarjestelman-reservit/#reservituotteiden-toimintaperiaatteet>

Flowbattery. (n.d.). Wikipedia. Haettu 4.3.2026 sivustolta

https://en.wikipedia.org/wiki/Flow_battery#Applications

Fortum Oyj. (2026). Sähkön kulutus kotona. Haettu 4.3.2026 sivustolta

<https://www.fortum.com/fi/sahkoa/vinkit/sahkonkulutus-kotona>

Golden Future. (2025). Aurinkoenergian varastointi: Akkutyypin vertailu.

<https://www.energygf.com/fi/Solar-Energy-Storage-Battery-Types-Compared>

Helen Oy. (2024). Kodinkoneiden sähkönkulutus – kuinka paljon yleisimmät kodin sähkölaitteet kuluttavat sähköä?

<https://www.helen.fi/artikkelit/2024/kodinkoneiden-sahkonkulutus-kuinka-paljon-yleisimmat-kodin-sahkolaitteet-kuluttavat-sahkoa>

IBC SOLAR AG. (n.d.). Solar power calculator. <https://powercalculator.ibc-solar.com/>

Invertteri. (2026). Tieteen termipankki. Haettu 9.3.2026 sivustolta

<https://tieteentermipankki.fi/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6tekniikka:invertteri>

Kilowatti. (2026). Tieteen termipankki. Haettu 9.3.2026 sivustolta

<https://tieteentermipankki.fi/wiki/S%C3%A4hk%C3%B6tekniikka:kilowatti>

Kilowattitunti. (2026). Tieteen termipankki. Haettu 9.3.2026 sivustolta <https://tieteentermipankki.fi/wiki/S%c3%a4hk%c3%b6tekniikka:kilowattitunti>

Large Power. (2025). Natrium-ioni- ja litiumioniakkujen erot ja sovellukset vuonna 2025. <https://www.large-battery.com/fi/blog/na-ion-vs-li-ion-batteries-2025/>

Lemkem. (n.d.). Sähkövarastot ja taloyhtiön energiatehokkuus – kiinteistöakut apuna. <https://lemkem.fi/sahkovarastot-ja-taloyhtion-energiatehokkuus-kiinteistoakut-apuna/>

Mikko Halme. (2025). Kotitalouksien akkujärjestelmät osana reservimarkkinaa [AMK-opinnäytetyö, Metropolia Ammattikorkeakoulu]. Theseus. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/879915/Halme_Mikko.pdf?sequence=2

OpenAI. 2026. ChatGPT (GPT-5.3). saatavissa: <https://chat.openai.com/>

Paatero, J. V., & Lund, P. D. (2005). Effect of energy storage on variations in wind power. Wind Energy, 8(4), 421–441. <https://doi.org/10.1002/we.151>

Panpower. (n.d.). Midsummer SLIM 2 CIGS 240W ohutkalvopaneeli <https://panpower.eu/fi/aurinkopaneelit/7901-midsummer-slim-2-cigs-240w-ohutkalvopaneeli-358x5921mm.html>

Pokas Oy. 2022. Miten aurinkopaneelit toimivat? Haettu 4.3.2026 sivustolta <https://pokas.fi/ajankohtaista/miten-aurinkopaneelit-toimivat>

Power of Sun. (24.2.2026). Reserviakku kotiin: Tienaa sähköllä ja osallistu markkinaan. <https://powerofsun.fi/reserviakku-kotiin-tienaa-sahkolla-ja-osallistu-markkinaan/>

PV*SOL online. (2026). <https://pvsol-online.valentin-software.com/#/>

Quebec Solar. (n.d.). What is the difference between monocrystalline and polycrystalline solar panels? <https://quebecsolar.ca/what-is-the-difference-between-monocrystalline-and-polycrystalline-solar-panels/>

Rasol Oy. (2026). Akkulaskuri. <https://rasol.fi/akkulaskuri/>

Rasol Oy. (n.d.). <https://rasol.fi/>

Skyllas-Kazacos, M., Chakrabarti, M. H., Hajimolana, S. A., Mjalli, F. S., & Saleem, M. (2011). Progress in flow battery research and development. *Journal of The Electrochemical Society*, 158(8), R55–R79.

<https://doi.org/10.1149/1.3599565>

Solarum Oy. (2026). *Aurinkovoimala – mikä se on ja miten se toimii?*

Saatavissa: <https://solarum.fi/aurinkovoimala/>

Sunpaneeli.fi. (1.9.2023). Miten aurinkopaneelit toimii?

<https://sunpaneeli.fi/miten-aurinkopaneelit-toimii/>

Sweco Finland Oy. (8.9.2025). Aurinkoenergialla kohti energiakestävää yhteiskuntaa. <https://www.sweco.fi/energia/aurinkovoima-suomessa/>

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Aurinkosähköjärjestelmät. Haettu 4.3.2026 sivustolta <https://tukes.fi/sahko/sahkotyot-ja-urakointi/aurinkosahkojarjestelmat>

Valentin Software GmbH. (2025). Planungs- und Simulationssoftware für Erneuerbare Energien. <https://valentin-software.com/>

Virtuaalivoimala. (2026). Tieteen termipankki. Haettu 9.3.2026 sivustolta https://tieteentermipankki.fi/wiki/Clean_Energy_Research:virtual_utility

Wikipedia. (2026). Battery energy storage system. Haettu 5.3.2026 sivustolta https://en.wikipedia.org/wiki/Battery_energy_storage_system