



Akkujärjestelmät aurinkosähkön energiavarastoina

Lauri Salonen

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2021

Sähkö- ja automaatiotekniikka
Älykkäät koneet

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikka
Älykkäät koneet

SALONEN LAURI:

Akkujärjestelmät aurinkosähkön energiavarastoina

Opinnäytetyö 44 sivua

Marraskuu 2021

Aurinkosähköenergian kannattavuus kasvaa jatkuvasti maailman siirtyessä uusiutuviin energiamuotoihin. Aurinkovoimaloiden ongelmana on tuotannon vaihtelevuus. Ongelma pystytään ratkaisemaan aurinkovoimalan rinnalle kytkettävällä akustolla. Opinnäytetyö antaa yleiskuvan alan vallitsevasta tilasta ja tulevaisuudesta.

Työssä perehdyttiin litiumpohjaisten akustojen toimintaan, käyttöikänsä vaikuttaviin asioihin ja markkinaan. Työssä vertailtiin tasa- ja vaihtosähköpuolelle kytkettäviä akkuja, sekä niiden hyötyjä ja heikkouksia. Vallitsevaa trendiä tarkasteltiin erilaisten tutkimusten pohjalta.

Kotitalouksille akku ei ole vielä investointina kannattava. Tämänhetkisen hinnan ja käyttöiän johdosta akku ei tule maksamaan itseään takaisin elinikänsä aikana. Kotiakku on suosituimpi maissa, joissa sähköverkko ei ole stabiili ja varavoimasta saadaan hyötyä sähköverkon kaatumisen myötä.

Sähkön hinnan nousu ja akkuteknologian hinnan lasku parantavat tulevaisuudessa kotiakun rahallista kannattavuutta. Kymmenen vuoden kuluttua kotiakku on looginen osa kotitaloutta ja kotitalouksista saadaan omavaraisempia.

Asiasanat: aurinkovoimala, kotiakku, aurinkosähköenergia, omavaraisuus

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Intelligent Machines

SALONEN, LAURI:
Solar Energy with Battery Storage

Bachelor's thesis 44 pages
November 2021

The world is moving towards green energy and solar energy is becoming more profitable. The problem with solar energy is volatile energy generation. This problem can be solved with battery storage. This thesis gives an overview of the current state and future of the market.

This thesis focuses on lithium-based batteries, their function, usage lifetime and market. The work compares strengths and weaknesses of AC and DC coupled battery systems. Present-day trends are examined based on various studies.

For households, a residential battery is not a profitable investment. Due to the current price and usage lifetime the investment will never pay itself back. Residential batteries are more popular in countries where the power grid is not stable and reserve power is needed.

Increase in the price of electricity and decrease in battery prices will make system investment more profitable in future. In 10 years, the residential battery will be a common part of many households.

Key words: solar plant, solar energy, residential battery, self-supply

SISÄLLYSLUETTELO

1	JOHDANTO	6
2	TEORIA	7
	2.1 Aurinkoenergian varastointi.....	7
	2.2 Akku	8
	2.3 BMS	8
	2.4 C-arvo	10
	2.5 Akun käyttöikä.....	11
	2.5.1 Lämpötila.....	11
	2.5.2 Syklit.....	13
	2.5.3 DoD	14
	2.6 Muuntohäviöt.....	15
	2.6.1 Coulombinen tehokkuus	16
	2.7 Takuu	16
	2.8 AC-kytketty akku	17
	2.8.1 Tesla Powerwall	18
	2.8.2 Hyötysuhde	19
	2.8.3 SWOT-analyysi.....	19
	2.9 DC-kytketty akku	20
	2.9.1 BYD Battery Box Premium HV	22
	2.9.2 Hyötysuhde	25
	2.9.3 SWOT-analyysi.....	25
3	MARKKINA JA TRENDI.....	27
	3.1 Trendi.....	27
	3.2 Suomessa	32
	3.3 Kannattavuus	33
	3.4 Akkuteknologiat.....	34
4	POHDINTA	39
	LÄHTEET.....	43

LYHENTEET JA TERMIT

AC	Alternating Current (Vaihtovirta)
DC	Direct Current (Tasavirta)
BMS	Battery Management System
SoC	State of Charge
SoH	State of Health
DoD	Depth of Discharge
LCOE	Levelized Cost of Energy

1 JOHDANTO

Maailman energiantuotanto on siirtymässä kohti uusiutuvia energiamuotoja. Aurinkoenergia on uusiutuvista energiamuodoista merkittävä sen passiivisuuden, huoltovapauden ja skaalautuvuuden ansiosta. Aurinkopaneelien kehitys etenee vauhdilla ja niiden hinnat laskevat nopeaa tahtia.

Aurinkovoimaloiden suurin ongelma on niiden riippuvuus vuorokausivaihtelusta, tuotanto on vaihtelevaa, eikä aina vastaa ajallisesti kulutusta. Energian varastointi toimii tässä ratkaisuna. Varastoimalla energiaa silloin, kun sitä on yli tarpeen tarjolla ja käyttämällä varastoitua energiaa, kun tuotanto ei vastaa tarpeeseen, saadaan aikaan toimiva kokonaisuus, jolla saadaan energiajärjestelmään lisää joustavuutta.

Akkuteknologiat kehittyvät aurinkopaneelien tavoin vauhdilla ja uusia teknologioita on kehitteillä ympäri maailmaa. Akkujen kehitystä ja kysyntää nostattaa esimerkiksi liikenteen sähköistyminen. Tällä hetkellä yleisin kaupallinen akkuteknologia on litiumpohjaiset ratkaisut, joihin opinnäytetyö keskittyy.

Opinnäytetyössä käydään läpi asioita, jotka johtava akun kulumiseen, verrataan kahta yleisintä kytkentätapaa, tarkastellaan markkinan trendiä ja pohditaan kotiakkujen tulevaisuutta.

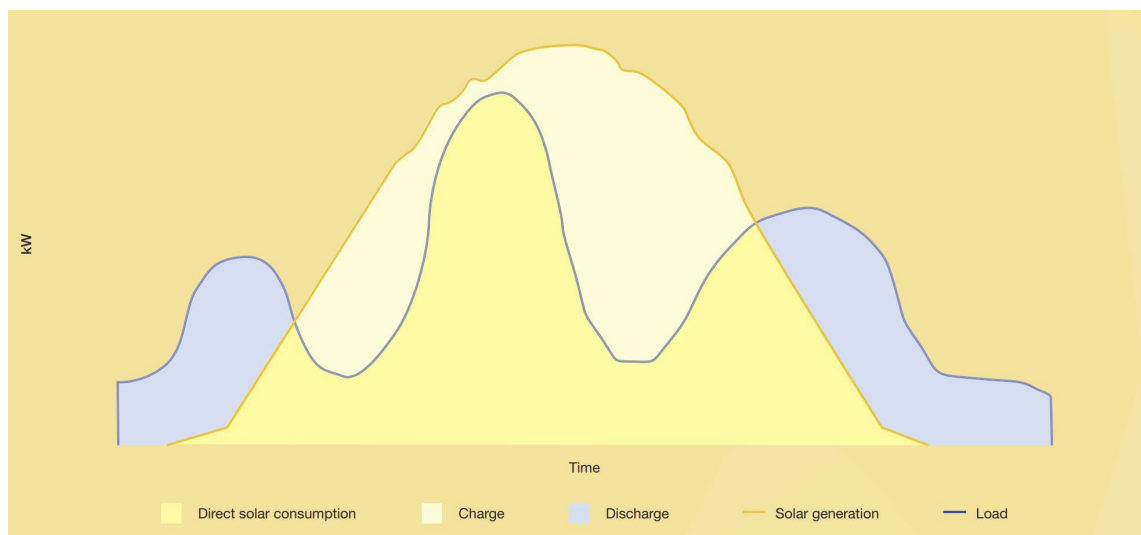
2 TEORIA

2.1 Aurinkoenergian varastointi

Energiavarasto osana aurinkosähköjärjestelmää on looginen ratkaisu. Aurinkosähkön tuotanto on riippuvainen vuorokausivaihtelusta, tämä aiheuttaa kulutuksen ja tuotannon epätasapainon.

Lisäämällä aurinkosähköjärjestelmään akusto saadaan tuotannon ja kulutuksen epätasapainoa tasattua ja aurinkosähkö hyödynnettyä vuorokauden ympäri (kuva 1).

Kuvassa keltainen käyrä kuvaa aurinkovoimalan tuotantoa ja sininen käyrä kohteen sähkön kulutusta. Tummankeltainen alue kuvaa tuotannon osuutta, joka menee suoraan kulutukseen. Vaaleankeltainen alue kuvaa tuotannon osuutta, joka menee akun lataamiseen. Sininen alue kuvaa akusta kulutukseen menevää osuutta.



KUVA 1. Aurinkosähköjärjestelmän tuoton tasaus (SolarPower Europe, 2018)

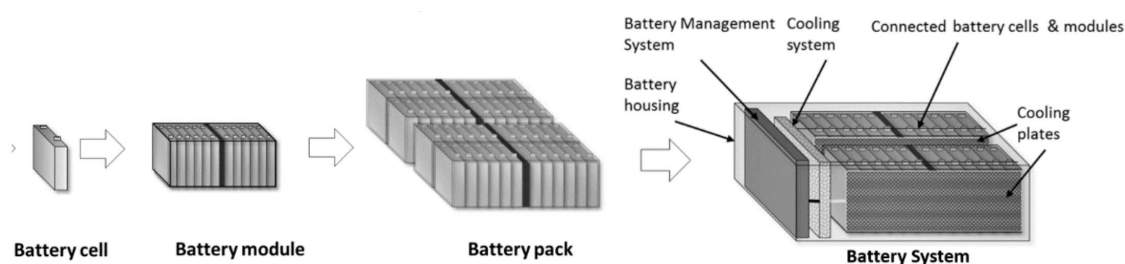
EuPD:n konsultointiyrityksen tuoreen tutkimuksen mukaan esimerkiksi Itävallassa ja Sveitsissä noin 95 % aurinkosähköjärjestelmiä asentavista yrityksistä tarjoavat akkujärjestelmiä osana tuotevalikoimaansa.

2.2 Akku

Alun perin akkumulaattoriksi (lat. *accumulare* "kasata") kutsuttu aparaatti varastoi sähköenergian sähkökemialliseen muotoon. Akun varauskapasiteetti mitataan wattitunteina (Wh).

Täydellisellä akulla olisi mahdollisimman iso varauskapasiteetti, nopea ladattavuus, pieni koko, halpa hinta ja sen eliniän tulisi olla useita vuosia.

Isompi akusto, esim. kotiakku, koostuu useasta komponentista. Akkukennoista kootaan akkumoduulit ja akkumoduuleista taas akkupaketti, eli akusto (kuva 2). Akuston ympärille rakennetaan sitä tukevat komponentit: BMS, kytkentäpisteet, suojakotelo ja mahdollinen jäähdytys. Akkujärjestelmä kokonaisuutena vaihtelee akuston käyttökohteen mukaan.



KUVA 2. Akkujärjestelmä (Batteries potential criteria, 2021)

2.3 BMS

BMS (Battery Management System, suom. akustonvalvontajärjestelmä) on elektroninen akuston suojausjärjestelmä, se toimii akuston älynä. BMS valvoo reaaliaikaisesti akun tilaa ja varmistaa sen vitaalin toiminnan. Akuston jokaisella moduulilla voi olla oma BMS tai koko akustolla yksi BMS.

BMS:llä on voi olla monia ominaisuuksia, ja ne vaihtelevat valmistajan ja käyttökohteen mukaan. Monitorointeja ja mittauksia voidaan suorittaa kenno-, moduulitai akustotasolla. BMS laskee monitoroitujen arvojen pohjalta myös muita hyödyllisiä arvoja. Valvontajärjestelmän tärkeimpiä tehtäviä on lueteltuina alla:

Monitorointi

- Jännite: kokonaisjännite, kennojännite
- Lämpötila: keskilämpötila, jäähdytysaine, kennolämpötila
- Virta: ulos- ja sisäänmenovirta

Laskenta

- Jännite, minimi- ja maksimikennojännite
- SoC, State of Charge, varaustilan prosentuaalinen esitys
- SoH, State of Health, terveydentila, prosentuaalinen arvo akun alkuperäisestä maksimikapasiteetista
- Lataussyklit, akuston täyteenlatauskerrat

Suojaus

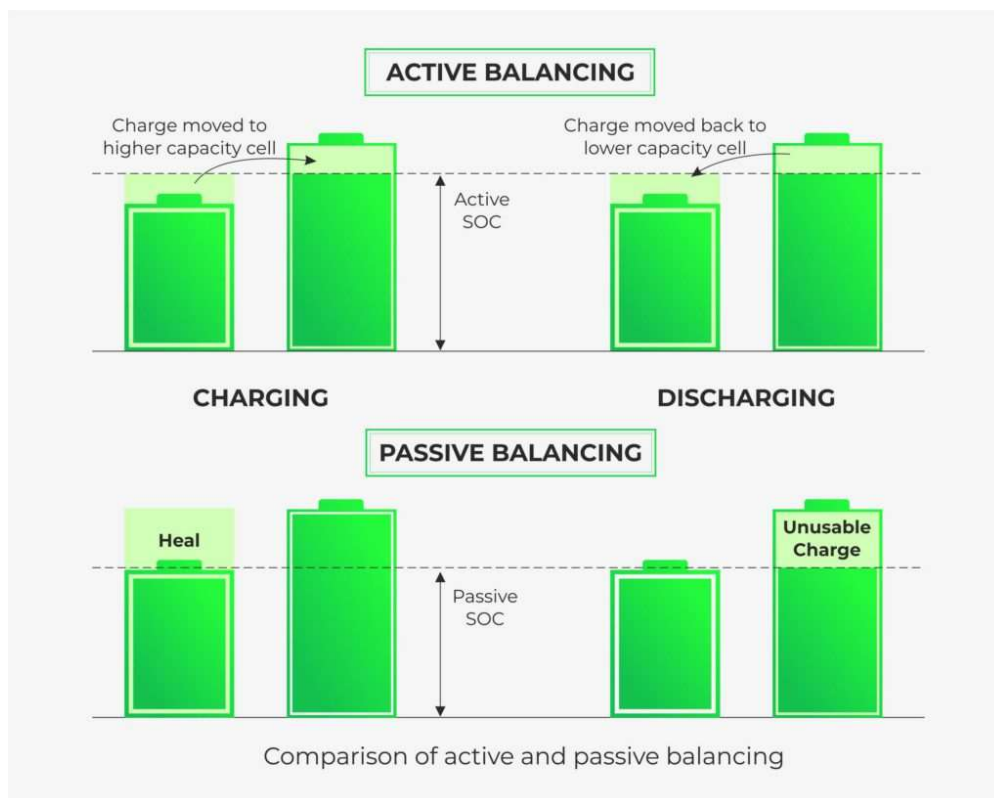
BMS varmistaa, että akusto toimii turvallisten arvojen sisällä:

- Säättämällä lämpötilaa jäähdytysmekanismeilla
- Avaamalla akuston sisäisiä piirejä, mikäli toimitaan turva-alueiden ulkopuolella

Optimointi

BMS optimoi akkukapasiteetin ja estää akuston yli- ja alilatausta tasapainottamalla akkukennojen SoC-arvoja balansoinnilla:

- Passiivibalansointi, ylilatautuneiden kennojen energia muutetaan lämmöksi vastuksella (kuva 3)
- Aktiivibalansointi, Siirretään energia ylilatautuneista kennoista alilatautuneisiin (kuva 3)



KUVA 3. Aktiivi- ja passiivibalansointi (Ionenergy, cell balancing, 2020)

2.4 C-arvo

C-arvo on kerroin, jolla kuvataan akun maksimilataus- ja purkutehoa. Akkuvalmistajat määrittävät C-arvon akuilleen ja suosittelevat lataamaan ja purkamaan akkua arvon rajoissa. C-arvon ja akun kapasiteetin avulla pystytään laskemaan akun turvallinen jatkuva purkuteho. Mikäli suositeltu C-arvo on 0,5 ja akun kapasiteetti 1 000 Wh on akun suositeltava purku- ja latausteho 500 W.

$$P = E \cdot C \quad (1)$$

jossa

P = purkuteho

E = akun kapasiteetti

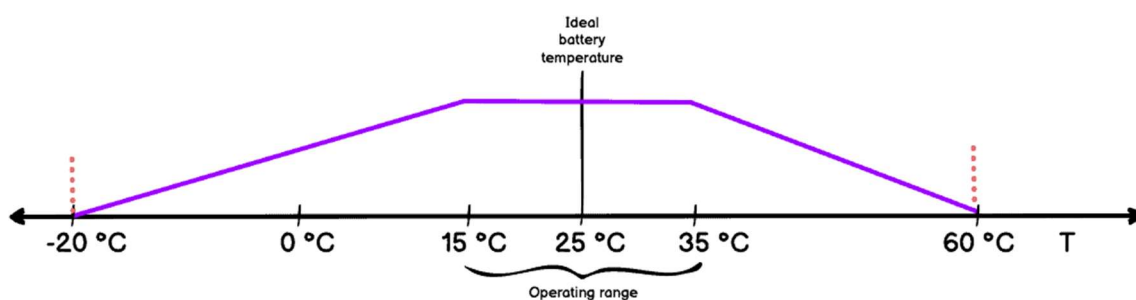
C = C-arvo

2.5 Akun käyttöikä

Litium-ion-akut kuluvat aina niitä käytettäessä. Akkua ladataessa ja purkaessa tapahtuu kemiallisia reaktioita, jotka aiheuttavat muutoksia akun ainekonsentraatiossa. Jokaisen purku-lataus-syklin jälkeen akun rakenne muuttuu ja kapasiteetti heikkenee.

2.5.1 Lämpötila

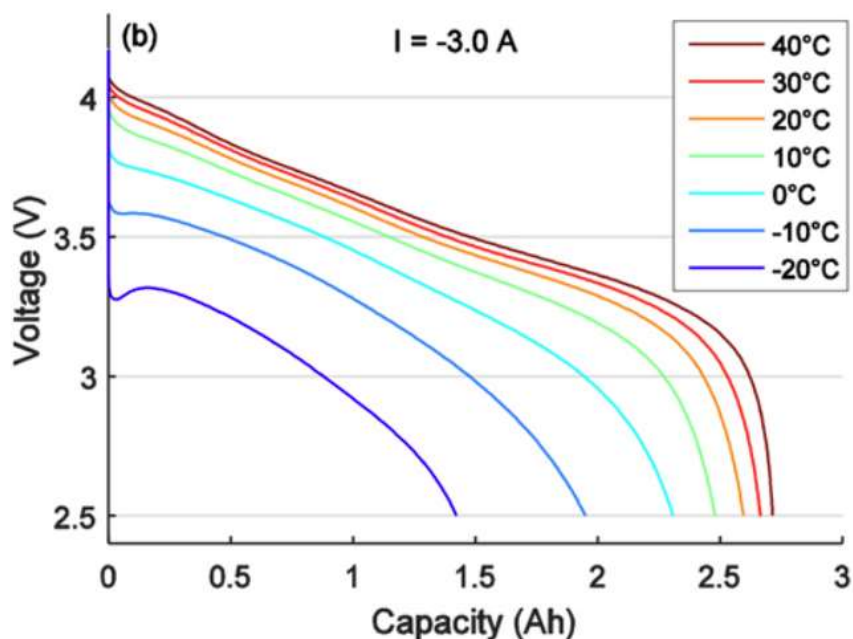
Lämpötilalla on suuri vaikutus akkujen toimintakykyyn ja käyttöikään. Akkujen suositellut käyttölämpötilat vaihtelevat akkumateriaalikohtaisesti. Yleinen suositeltu käyttölämpötila litium-ion-akuilla on 15–35 celsiusastetta (kuva 4).



KUVA 4. Ideaali käyttölämpötila (Evcreate, ideal battery temperature)

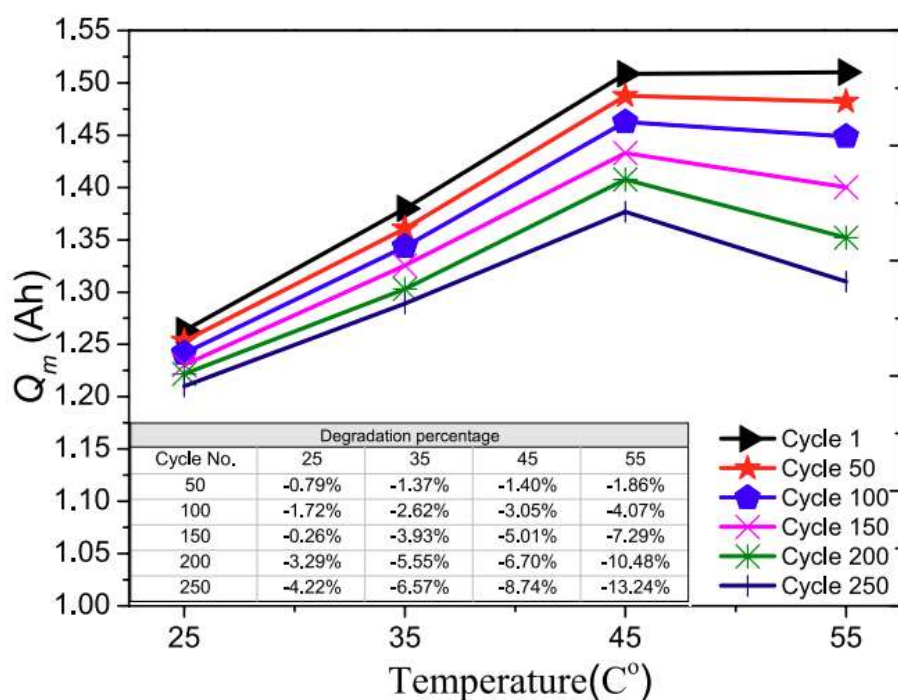
Kemiallisten reaktioiden nopeus on riippuvainen lämpötilasta Arrheniuksen yhtälön mukaisesti. Yhtälö osoittaa, että lämpötilan laskeminen hidastaa kemiallisten reaktioiden nopeutta. Tämä näkyy akuissa lämpötilan kylmentyessä resistanssin nousuna ja kapasiteetin laskuna.

Kun katsotaan litiumionakun purkujännitettä ja kapasiteettia vakiopurkuvirralla, eri lämpötiloissa, huomataan niiden laskevan lämpötilan laskiessa (kuva 5). Kuvasta huomataan myös, että korkeilla lämpötiloilla kapasiteetti ja jännite nousevat, vaikkei olla optimaalisilla toimintalämpötiloilla.



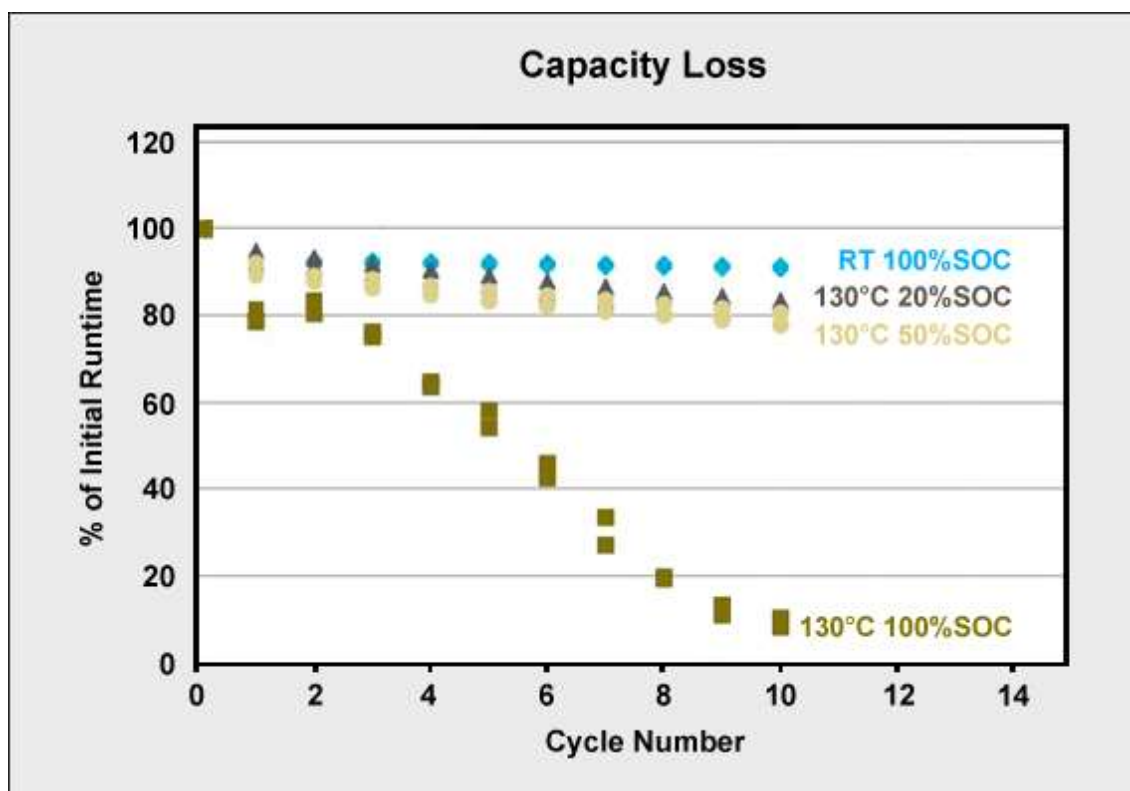
KUVA 5. Lämpötilan vaikutus akun kapasiteettiin ja jännitteeseen (BatteryUniversity, BU-502)

Normaalisti sähköjohtimessa resistanssi kasvaa lämpötilan noustessa. Akussa taas lämpötilan nousu alentaa resistanssia akussa ja näin parantaa sen kapasiteettia, mutta aiheuttaa samaan aikaan kulumista akun materiaaleissa. Akun käyttölämpötilan ollessa korkeampi syklien ajan, huomataan kapasiteetin laskevan (kuva 6).



KUVA 6. Syklien ja lämpötilan vaikutus kapasiteettiin (Nature, Article 12967)

Akun kapasiteetin laskuun vaikuttaa myös lämpötilan ja SoC:n suhde. Akun sykittäminen täydestä tyhjäksi (100 % SoC) aiheuttaa huomattavasti enemmän kapasiteetin heikentymistä, kuin 50 %:n tai 20 %:n syklit (kuva 7). Korkeissa lämpötiloissa tulisi akun täyteen lataamista välttää. Kuvassa RT on huonelämpötila 25 astetta celsiusta.



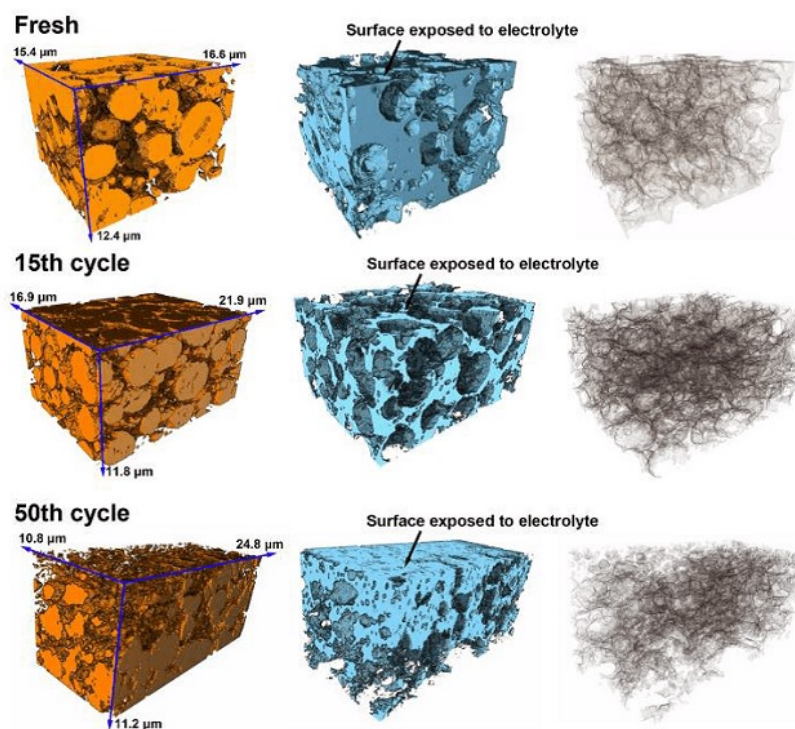
KUVA 7. Sykliä ja SoC:n suhde (BatteryUniversity, BU-410)

Ääriämpötilat huonontavat akun toimintaa niin ladattaessa kuin purettaessa. Lämpötilan aiheuttamaa kulumista vastaan usein käytetään akun lämmitys- ja viilennysmekanismeja, sekä C-arvon rajoittamista ääriämpötiloilla.

2.5.2 Syklit

Yhdellä syklillä tarkoitetaan akun purkamista ja lataamista sen kokonaiskapasiteetin verran. Yksi sykli saadaan siis aikaan purkamalla täysi akku 0 %:n ja lataamalla se 100 %:n. Yksi sykli saadaan aikaiseksi myös lataamalla tyhjä akku kahdesti 50 %:n.

Akun sisäiset materiaalit kuluvat purkamisen ja lataamisen johdosta, tämä luonnollisesti vaikuttaa akun kapasiteettiin. Kuluminen tapahtuu fyysisesti akun materiaaleissa (kuva 8).



KUVA 8. 3D-rekonstruktio elektrodirakenteesta (Azom, Multi-Modal FIB-SEM Analysis of Li-ion Batteries)

Kuvassa huomataan akkurakenteen muuttuvan ja hajoavan syklöiden kasvaessa.

Yleensä akkujen luvattu syklöestoisuus on noin 2000–5000 sykliä.

2.5.3 DoD

DoD (Depth of Discharge, purkutaso) kuvaa akun purkutasoa, 50 % DoD tarkoittaa akun purkua puoleen väliin kokonaiskapasiteetista. Mikäli 10 kWh akussa on 90 % DoD on sen käytettävissä oleva kapasiteetti 9 kWh, tällöin akun pienin SoC on 1 kWh.

Akun tyhjäksi purkaminen vaikuttaa sen käyttöikään negatiivisesti. Mitä tyhjemmäksi akkua puretaan syklien aikana, sitä lyhyempi on akun käyttöikä. Alla olevassa kuvassa on esitetty kahden eri akkumateriaalin syklit, joilla niiden kapasiteetti tippuu alle 70 %:n (kuva 9).

Depth of discharge	Discharge cycles	
	NMC	LiPO ₄
100% DoD	~300	~600
80% DoD	~400	~900
60% DoD	~600	~1,500
40% DoD	~1,000	~3,000
20% DoD	~2,000	~9,000
10% DoD	~6,000	~15,000

KUVA 9. DoD:n vaikutus sykleihin (BatteryUniversity, BU-808)

Kuvasta huomataan DoD:n vaikutus akun kapasiteetin säilymiseen syklityksessä. Mitä pienempi DoD on syklien välissä, sitä paremmin akku kestää.

Akustovalmistajat ilmoittavat yleensä akuston käytettävissä olevan energian (Usable Energy) akun datalehdessä. Akku voi toimia esimerkiksi 10–90 % SoC, alueella. Tällöin ei päästetä akun DoD:ta 100 % ja parannetaan sen käyttöikää.

2.6 Muuntohäviöt

Sähköverkko toimii pääosin vaihtovirralla (AC), puhutaan myös verkkovirrasta, akustot taas toimivat tasavirralla (DC). Useimmissa käyttökohteissa akustoa halutaan käyttää AC-sovelluksissa, jolloin tulee DC-virta muuntaa AC-virraksi, ja mikäli akkua halutaan ladata AC virralla, tulee vastaavasti tehdä AC/DC-muunnos. Näissä muunnoksissa tulee häviöitä, eikä ideaalisesti saada samaa määrää AC-tehoa käyttöön, kun se muunnetaan DC:ksi ja takaisin.

Akustoissa muuntohäviöt ilmoitetaan kokonaishyötysuhteena (round trip efficiency), joka kuvaa energiamäärää, joka alkuperäisestä akkuun ladatusta energiasta saadaan akusta purettaessa käyttöön.

2.6.1 Coulombinen tehokkuus

Coulombinen tehokkuus (Coulombi Efficiency, CE) kuvastaa enemmän akkumateriaalin tehokkuutta kuin akuston todellista tehokkuutta. Se kuvaa varaustehokkuutta, jolla elektronit siirtyvät akussa. Litium-akulla voidaan päästä yli 99 % tehokkuuteen, mutta vain optimiolosuhteissa, pienellä C-arvolla ja matalilla lämpötiloilla. Esimerkiksi lyijyakun CE-arvo on noin 90 %.

Coulombista tehokkuutta käytetään enemmän eri akkumateriaalien vertailuun, sillä ei voida kuvata akuston kokonaistehokkuutta. Optimilatausolosuhteet toteutuvat harvoin, eivätkä ole realistisia. (BatteryUniversity, BU-808c)

2.7 Takuu

Kotiakkujen takuut ovat poikkeuksetta 10 vuotta. Akuston kokonaiskapasiteetti laskee syklien lisääntyessä, siksi akustovalmistajat antavat usein vuosiin pohjautuvan takuun lisäksi myös lupauksen käytettävän energian määrästä tietyllä syklimäärällä.

Esimerkiksi Tesla Powerwallin 10 vuoden takuun lisäksi annetaan lupaus, että akun kapasiteetista yli 80 % on käytettävissä takuu ajan aikana.

2.8 AC-kytketty akku

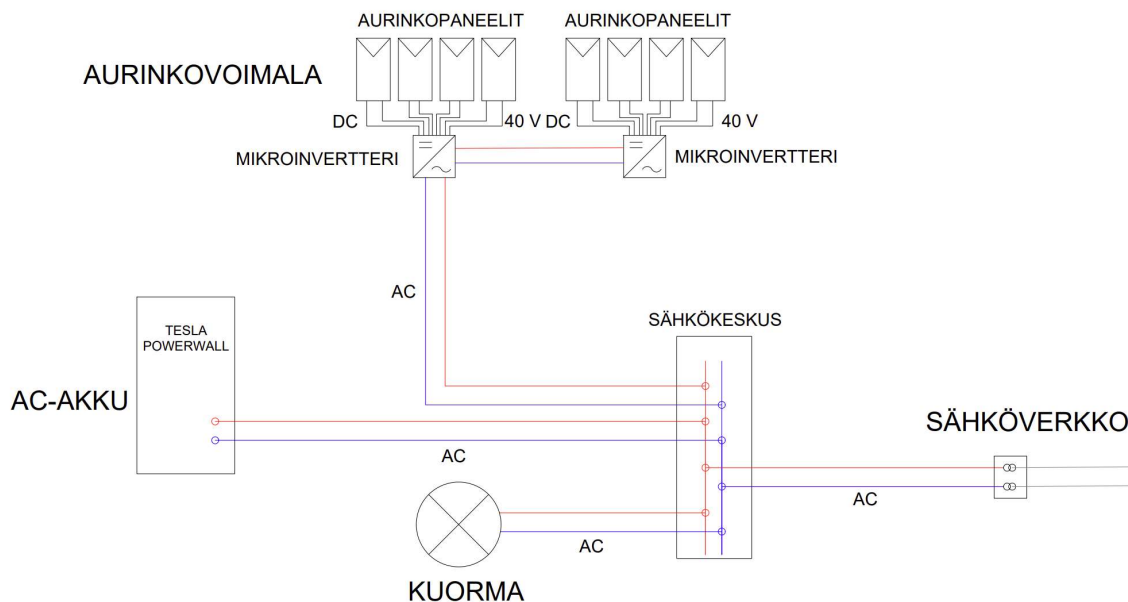
AC-kytketty akku (myöhemmin AC-akku) on kytketty käyttökohteen verkkovirtapuolelle (kuva 10). AC-kytketyssä akussa invertteri/laturi, BMS ja akkumoduulit ovat samojen kuorien sisällä.

AC-akku on helppo kytkeä osaksi jo olevaa aurinkovoimalaa, koska se sisältää itsessään kaiken tarpeellisen, eikä se tarvitse erillistä invertteriä tai olemassa olevaa hybridi-invertteriä.

AC-akussa tulee useampi muuntohäviö suhteessa DC-kytkettyyn akkuun:

1. DC – AC aurinkovoimalan invertterillä
2. AC – DC akuston tasasuuntaus (lataus)
3. DC – AC akuston vaihtosuuntaus (purku)

AC-akuissa kokonaishyötysuhde on noin 90 %. (Cleanenergyreviews, Solar Battery System Types)



KUVA 10. AC-kytketyn akuston kytkentäkuva

2.8.1 Tesla Powerwall

Tesla Powerwall on yksivaiheinen AC-kytkettävä akku, jossa kaikki akkuun liittyvät komponentit ovat sisäänrakennettuja (kuva 11). Tesla Powerwall on modulaarinen, akkuja voidaan kytkeä kolme sarjaan yhdelle vaiheelle. Akku on lähtökohtaisesti yksivaiheinen, mutta mikäli akku halutaan kolmivaiheiseksi, tulee akkuja kytkeä yksi jokaiseen vaiheeseen.



KUVA 11. Tesla Powerwall (Tesla, How Powerwall Works)

Teslan akkuun on olemassa lisälaitteita, joilla onnistuu esimerkiksi akun lataaminen, kun sähkö on halpaa ja purkaminen, kun se on kallista.

Tekniset tiedot:

- Kokonaiskapasiteetti: 13,5 kWh
- Jatkuva maksimiteho: lataus 3,68 kW, purku 5 kW
- Akun jännite: 50 V
- Verkkoliitäntä: yksivaiheinen
- Massa: 114 kg
- Toimintalämpötila: -20–50 °C
- Jäähdytys: aktiivinen nestejäähdytys
- Mitat: K1150 x L753 x S147 mm

- Kokonaishyötysuhde: 90 %
- Takuu: 10 vuotta

(Tesla Powerwall, datasheet)

Tesla Powerwallin kokonaishyötysuhde on voimassa 25 °C lämpötilassa, ladattaessa ja purettaessa 3,3 kW teholla, eli C-arvon ollessa 0,24. Hyötysuhteen 90 % sanotaan myös toteutuvan vain akun ollessa vähän käytetty. Akussa on nestejäähdytys, joka pitää akuston lämpötilan matalana parantaen sen käyttöikää.

2.8.2 Hyötysuhde

Lasketaan kokonaishyötysuhde kytkentäkuvan (kuva 10) kaltaiselle AC-akkujärjestelmälle, aurinkopaneelin tuottamasta tehosta, akun kautta käyttöön tulevaksi tehoksi. Laskennassa käytetään Hoymiles HM-1500 -mikroinvertteriä. Kokonaishyötysuhde saadaan kertomalla aurinkopaneelilta saatava teho mikroinvertterin ja akun hyötysuhteilla.

$$P_{tot} = P_s \cdot \eta_i \cdot \eta_b \quad (2)$$

jossa

P_{tot} = Kokonaishyötysuhde

P_s = Aurinkopaneelin teho: 450 W

η_i = Mikroinvertterin hyötysuhde: 96,7 % (Hoymiles HM-1500)

η_b = Tesla Powerwall akun kokonaishyötysuhde: 90 %

$$P_{tot} = 450 \text{ W} \cdot 0,967 \cdot 0,9$$

$$P_{tot} = 391,64 \text{ W}$$

Käytettäväksi tehoksi saadaan 391,64 W, alkuperäisen tehon ollessa 450 W. Kokonaishyötysuhteen ollessa 87 %.

2.8.3 SWOT-analyysi

Vahvuudet

Tesla powerwallin vahvuuksia ovat helppo kytkeminen osaksi jo olemassa olevaa järjestelmää ja nestejäähdytys. Akun kytkentä on helppo toteuttaa olemassa olevan aurinkovoimajärjestelmän rinnalle tai vaikka ilman aurinkovoimalaa, Powerwall toimii kokonaan omana järjestelmänä riippumattomana muista. Nestejäähdytys tekee Powerwallista pitkäikäisen ja parantaa toimintalämpötilaa, samaa teknologiaa käytetään Teslan sähköautojen akustoissa. AC-akun ollessa aurinkovoimalasta erillinen järjestelmä on se varavoimana turvallisempi vaihtoehto. Tällöin varavoima ei ole riippuvainen yhdestä samasta laitteesta, eikä yksittäisen kohdan vikaantuminen aiheuta laajoja ongelmia.

Heikkoudet

Tesla Powerwallin heikkouksia ovat yksivaiheisuus ja hyötysuhde. Yksivaiheisuus tuo ongelmia, mikäli aurinkovoimala on kytketty kolmivaiheisena, tällöin akustoja tulisi kytkeä kolme kappaletta, yksi jokaiselle vaiheelle, että saadaan kaikki aurinkosähkö ladattua akkuihin. Powerwallin ollessa AC-kytketty tulee aurinkovoimalan rinnalla käytössä enemmän muuntohäviöitä kuin DC-kytketyillä akuilla.

Mahdollisuudet

Tesla Powerwall on kehittynyt vuosien aikana paljon ja brändin turvin kysyntää varmasti riittää, sekä rahoitus on kunnossa. Teslan innovatiivisuudella saataisiin varmasti myös akkuteknologiaan jotain uutta ja mullistavaa aikaan. Akun hyötysuhteen parantaminen ja kolmivaiheisuus olisivat mahdollisuus, jolla parantaa AC-akun haasteita.

Uhat

Kolmivaiheisuus ja parempi hyötysuhde antavat selvän edun DC-kytkettävälle järjestelmälle. Mikäli käyttökohteen pääpaino on näissä, on AC-kytketyn akun hyödyt vähissä verrattuna DC-kytkettyyn.

2.9 DC-kytketty akku

DC-kytketty akku (myöhemmin DC-akku) kytketään voimalan tasasähköpuolelle heti paneelien rinnalle (kuva 12). Invertterinä DC-akussa useimmiten käytetään hybridi-invertteriä, joka pitää sisällään aurinkovoimalan invertterin ja akuston invertterin/laturin, täten ei tarvita erillisiä inverttereitä voimalalle ja akustolle.

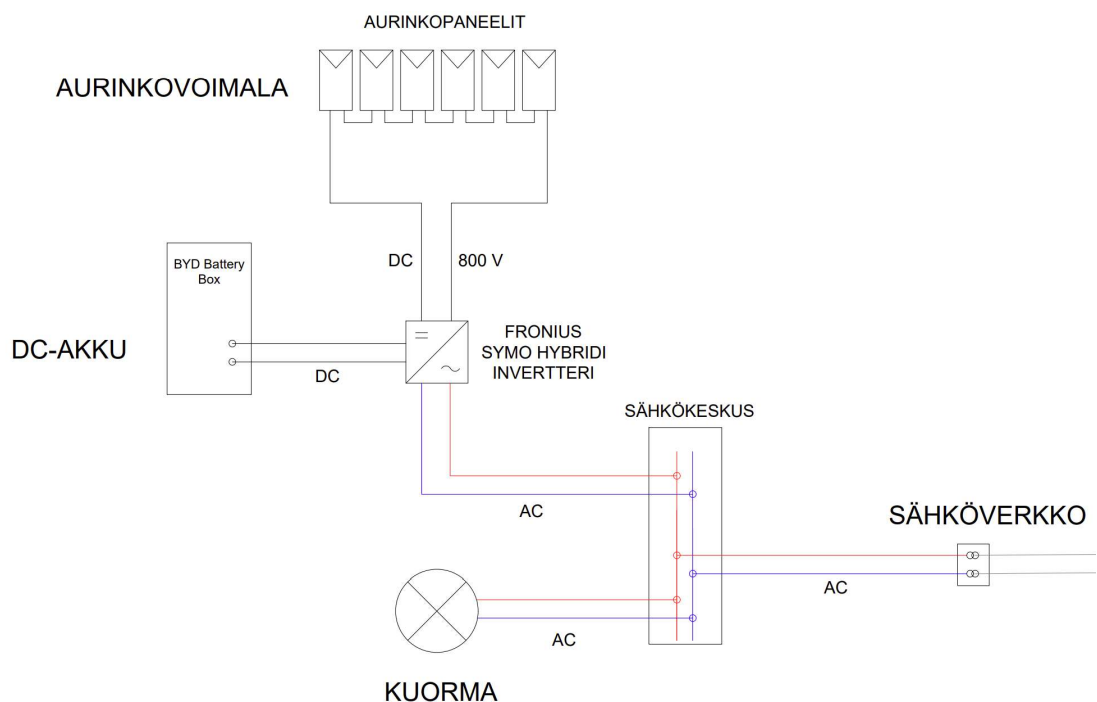
DC-akkujärjestelmissä invertteri ja akusto tulevat usein eri valmistajilta, tämä voi aiheuttaa kommunikaatiovaikeuksia akun ja invertterin välillä.

Muuntohäviöitä ei DC-kytketyssä akussa synny niin paljoa mitä AC-akussa. Hybridi-invertteri pystyy toimimaan tehokkaasti, koska aurinkovoimalan kytkettävä DC-ketju on yleensä n. 300–800 V ja korkeajänniteakut toimivat noin 400 V jännitteellä.

DC-akun muuntohäviöt:

1. DC – DC akun lataus
2. DC – DC akun purku
3. DC – AC hybridi-invertterin vaihtosuuntaus

DC-akuissa kokonaishyötysuhde on noin 96 %. (Cleanenergyreviews, Solar Battery System Types)



KUVA 12. DC-kytketyn akuston kytkentäkuva (Cleanenergyreviews, Solar Battery System Types)

2.9.1 BYD Battery Box Premium HV

BYD Battery Box on DC-kytketty akku, joka tarvitsee erillisen invertterin toimiakseen. Kiinalainen BYD kehitti ensimmäisenä modulaarisen kasattavan akun (kuva 13). BYD Battery Box -akkuja on eri malleja, Premium HV on 2020 lanseerattu korkeajänniteakku.



KUVA 13. BYD Battery Box Premium HV modulaarinen akku (Fronius, BYD Battery Box)

Modulaarisuutensa ansiosta siihen on helppo lisätä kapasiteettia, jokainen moduuli nostaa tornin jännitettä 51 V ja akun virta pysyy samana.

Akun tekniset tiedot:

- BYD Battery Box Premium HVM 16.6
- Kokonaiskapasiteetti: 16,56 kWh (DoD 100 %)
- Maksimi ulostulo virta: 50 A
- Nimellisjännite: 307 V

- Toimintajännite: 204–360 V
- Mitat: K1694 x L585 x S298 mm
- Massa: 243 kg
- Toimintalämpötila: -10–50 °C
- Jäähdytys: passiivinen
- Akkuteknologia: LiFePO4 (Litium-rautafosfaatti)
- Kokonaishyötysuhde: ≥ 96 %
- Takuu: 10 vuotta, säilyttää 60 % kapasiteetista takuu aikana

(Bydbatterybox, Premium HVS / HVM Datasheet)

Esimerkkinä invertteristä BYD-akulle käytetään Fronius Symo Hybrid 5.0-3-S hybridi-invertteriä. Fronius Symo Hybrid on kolmivaiheinen hybridi-invertteri, johon voidaan kytkeä aurinkopaneeli, sekä akku (kuva 14).



KUVA 14. Fronius Symo Hybrid 5.0-3-S hybridi-invertteri (Fronius, Symo Hybrid)

Invertterin tekniset tiedot:

- Fronius Symo Hybrid 5.0-3-S
- AC-ulostulo näennäisteho: 5 000 VA
- Maksimi-AC ulostulovirta: 8,3 A per vaihe
- Verkkoliitäntä: kolmivaiheinen
- Mitat: K645 x L431 x S204

- Massa: 19,9 kg
- Toimintalämpötila: -25–60 °C
- Hyötysuhde (Aurinkopaneeli – verkko): 97,9 %
- Hyötysuhde (Aurinkopaneeli – akku – verkko): > 90,0 %

(Fronius, Symo Hybrid)

BYD Batteryboxin takuu on 10 vuotta, jonka aikana akun käytössä olevan kapasiteetin luvataan pysyä yli 60 %.

Fronius ilmoittaa järjestelmän maksimitehokkuudeksi yli 90 %, mikäli akku ladataan aurinkovoimalla ja sitten puretaan kuormille. Maksimitehokkuus aurinkopaneelilta suoraan verkkoon on 97,9 %.

BYD Batterybox -akun lataus- ja purku tehot Fronius Symo Hybrid -invertterillä on esitetty alla olevassa taulukossa (kuva 15). Taulukosta huomataan, että ylimoitettu invertteri ei pysty toimimaan nimellistehollaan liian pieneen akkuun kytkettynä.

			Symo Hybrid		
			3.0-3-S	4.0-3-S	5.0-3-S
BYD Battery-Box HV	H 6.4	kW	3.0	4.0	4.1
	H 7.7	kW	3.0	4.0	4.91
	H 9.0	kW	3.0	4.0	5.0
	H 10.2	kW	3.0	4.0	5.0
	H 11.5	kW	3.0	4.0	5.0
BYD Battery-Box Premium	HVS 5.1	kW	-	-	-
	HVS 7.7	kW	-	-	-
	HVS 10.2	kW	-	-	-
	HVM 8.3	kW	2.45	2.45	2.45
	HVM 11.0	kW	3.0	3.26	3.26
	HVM 13.8	kW	3.0	4.0	4.1
	HVM 16.6	kW	3.0	4.0	4.91
	HVM 19.3	kW	3.0	4.0	5.0
	HVM 22.1	kW	3.0	4.0	5.0

KUVA 15. Fronius Symo Hybrid ja BYD Batterybox (Webinar: Fronius Inverter with BYD Battery-Box Premium)

2.9.2 Hyötysuhde

Lasketaan kytkentäkuvan (kuva 11) kaltaiselle DC-akku järjestelmälle kokonaishyötysuhde (kaava 2). Kokonaishyötysuhde saadaan kertomalla Froniuksen ilmoittama hyötysuhde aurinkopaneelin teholla.

P_{tot} = Kokonaishyötysuhde

P_s = Aurinkopaneelin teho: 450 W

η_i = Hybridi-invertterin kokonaishyötysuhde (Aurinkopaneeli–akku–verkko) 90 %

$$P_{tot} = 450 \text{ W} \cdot 0,9$$

$$P_{tot} = 405 \text{ W}$$

Käytettäväksi tehoksi saadaan 405 W, alkuperäisen tehon ollessa 450 W.

Invertterivalmistajan ilmoittama hyötysuhde on minimi, joten todellisuudessa voidaan saada enemmän tehoa käyttöön.

2.9.3 SWOT-analyysi

Vahvuudet

DC-akku on tehokkain akkujärjestelmä aurinkovoimalan rinnalle. Kolmivaiheisuuden ansiosta kaikki aurinkovoiman tuottama energia saadaan varastoitua ja käyttöön kaikille fasiliteetin käyttökohteille. BYD Power Boxin modulaarinen rakenne mahdollistaa järjestelmän helpon kapasiteetin lisäämisen.

Heikkoudet

Yhteensopivuusongelmat ovat olleet DC-akkujen heikkous aina, invertterin ja akunvalmistajien ollessa eri tahot, on yhteensopivuus aina varmistettava. Akun modulaarisuus toimii hyvin, mutta tällöin myös invertterin yhteensopivuus tämän uuden kapasiteetin kanssa on varmistettava ja mahdollisesti invertteri joudutaan vaihtamaan akkukapasiteetin lisäyksessä.

Mahdollisuudet

Hyötysuhde on DC-kytketyn akun paras valtti. Yhden valmistajan toteuttama DC-akkujärjestelmä poistaisi yhteensopivuusongelmat ja varmistaisi tehokkaan toiminnan.

Uhat

Yhteensopivuus akun ja invertterin välillä on ainakin ollut DC-akkujen haaste vuosien ajan, mutta varmasti isompien toimijoiden laitteita käytettäessä voidaan luottaa yhteensopivuuteen. Suuri DC-jännite Fronius Symon paneelientäällä on paloturvallisuusriski ja täten vaarallisempi kuin mikroinverttereillä toteutetun aurinkovoimalan AC-akkujärjestelmässä.

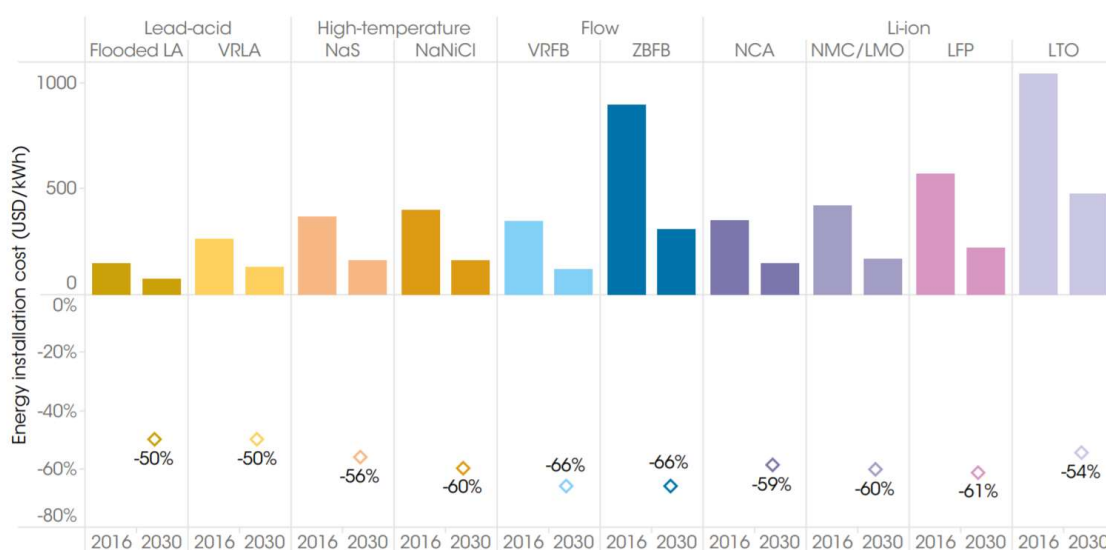
3 MARKKINA JA TRENDI

Tässä luvussa syvennytään markkinaan ja vallitsevaan trendiin, tarkastellaan myös alan nousevia teknologioita ja toimijoita.

3.1 Trendi

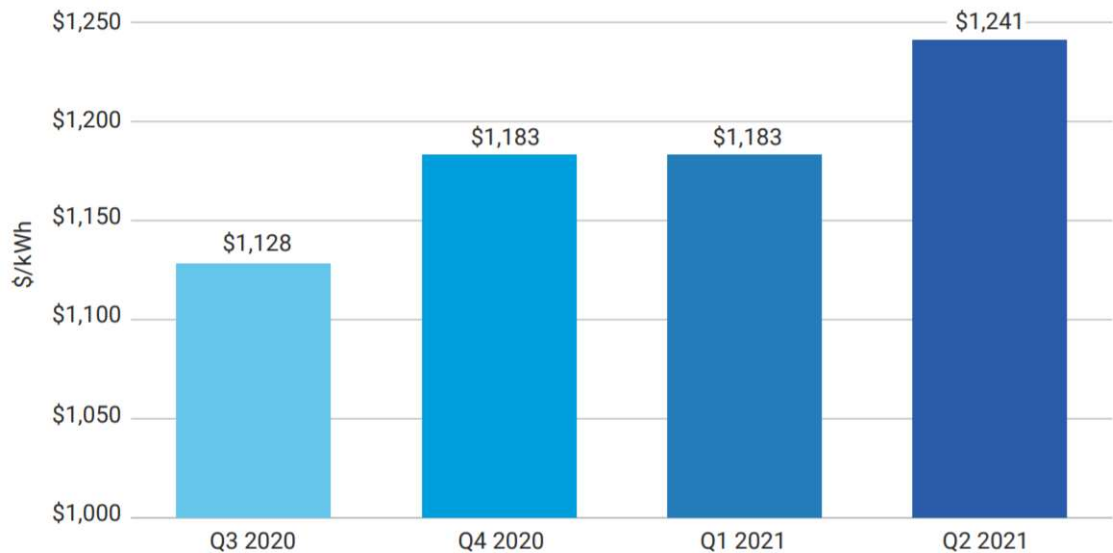
Globaali aurinkovoimala-akustojen markkina oli vuonna 2019 arvoltaan 113,4 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria ja sen uskotaan kasvavan 360,4 miljoonaan dollariin vuoteen 2027 mennessä. Saksassa vuoden 2014 neljännen kvartaalin ja vuoden 2017 toisen kvartaalin välisenä aikana pienkäyttökohteissa akkujen hinnat ovat laskeneet 60 %. Akkujen hinnanlasku johtuu pääasiassa massatuotannosta. Massatuotantoa tarvitaan vastamaan kysynnän kasvuun, jota esimerkiksi liikenteen sähköistyminen on kasvattanut.

Energiavarojen hintojen on ennustettu laskevan reilusti seuraavien vuosikymmenien aikana. IRENA on vuoden 2017 raportissa esittänyt arvion energiavarojen hinnanlaskusta. Raportin mukaan kaikkien akkumateriaalien hinta tulee laskemaan noin 50–60 % vuoteen 2030 mennessä (kuva 16). Hinta-arviot on tehty asennushinta mukaan lukien.



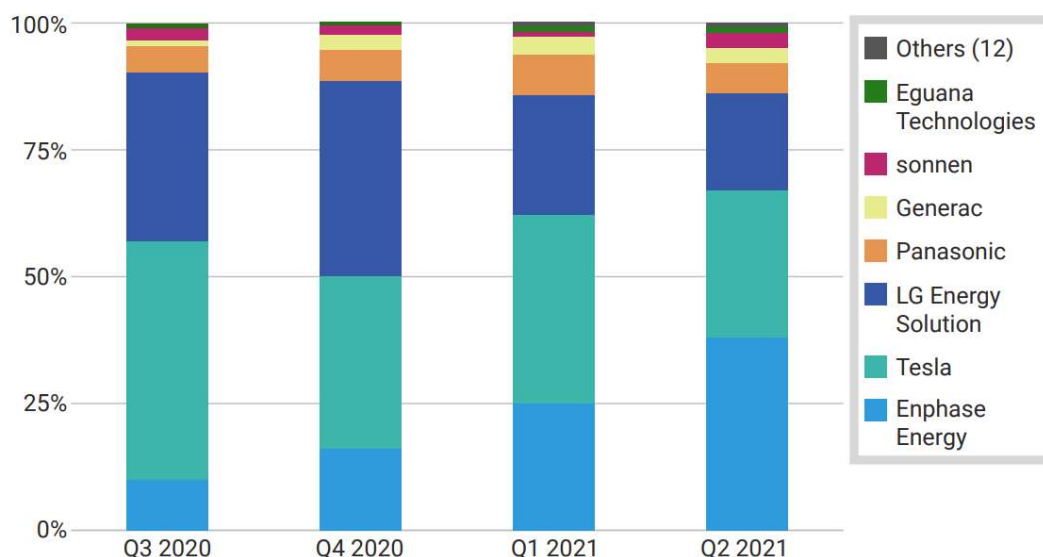
KUVA 16. Asennettujen akkujärjestelmien hinnanlaskun arvio (IRENA, Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030)

Tarkastellaan EnergySagen tuoreinta raporttia aikaväliltä Q3 2020 – Q2 2021. Raportti on tehty heidän alustansa kautta välitettyjen tarjousten pohjalta. Q3 2020 – Q2 2021 välisenä aikana asennettujen aurinkovoimaloiden hinta laski 6,3 % hinnan ollessa kesällä 2021 2,67 \$/W. Samaan aikaan asennettujen akkujen hinnat sen sijaan ovat nousseet 10 % (kuva 17).



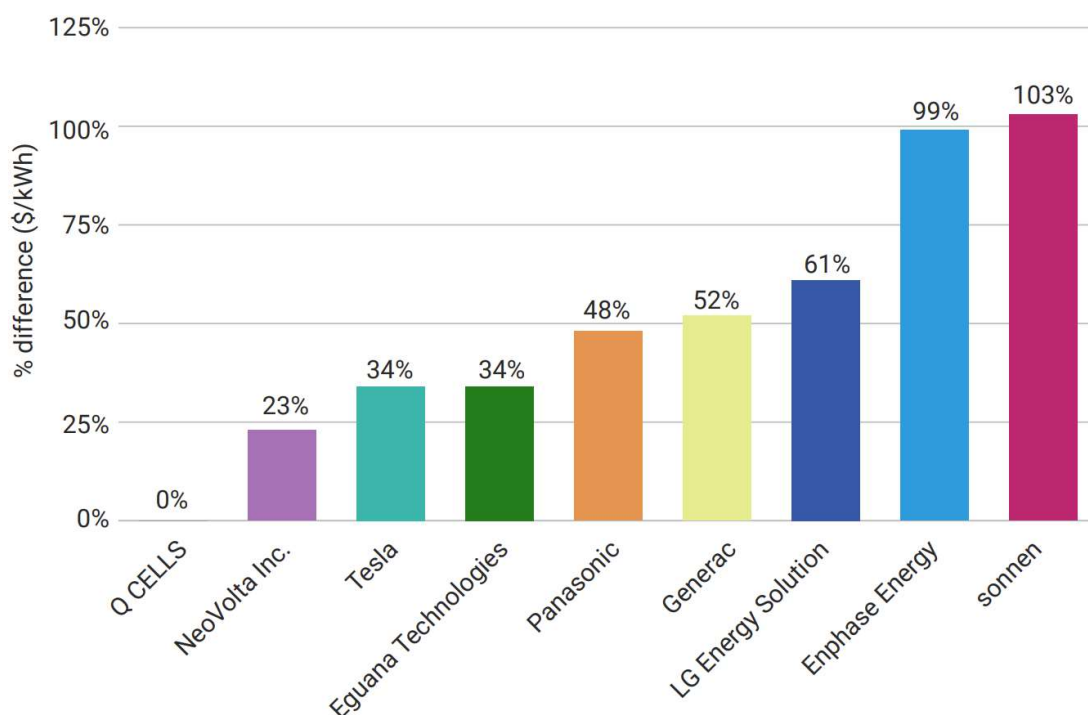
KUVA 17. Akkujen mediaanihinnat neljännesvuosittain (EnergySage Intel Report H2 2020 to H1 2021)

Akkumarkkinaa Yhdysvalloissa johtaa kolme merkkiä, Enphase Energy, Tesla ja LG Energy Solutions. Enphase Energy on parantanut otettaan markkinasta vuoden aikana reilusti (kuva 18). Enphase käyttää AC-kytkettäviä akustoja. Teslan ja LG:n akkuja voidaan käyttää DC- ja AC-kytkettävinä.



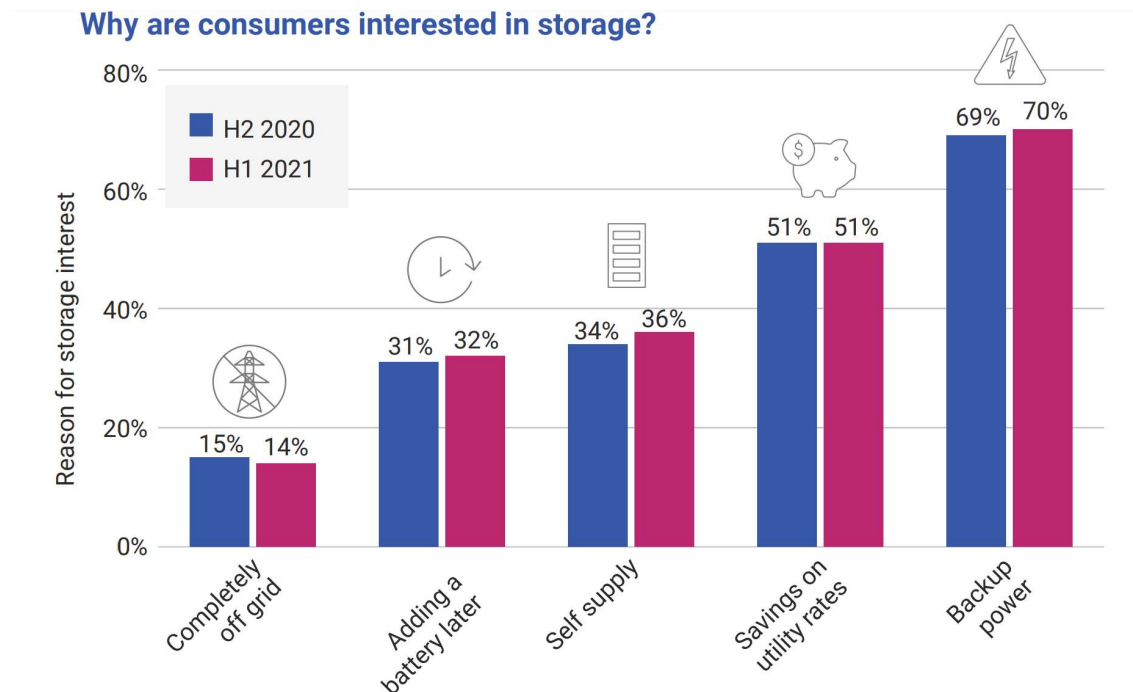
KUVA 18. Akkumarkkinaosuudet merkkikohtaisesti (EnergySage Intel Report H2 2020 to H1 2021)

Hintaerot asennetuissa järjestelmissä ovat suhteellisen suuret, kalleimman järjestelmän ollessa tuplasti kalliimpi kuin halvin vaihtoehto (kuva 19).



KUVA 19 Prosentuaalinen hintaero akkujen välillä (EnergySage Intel Report H2 2020 to H1 2021)

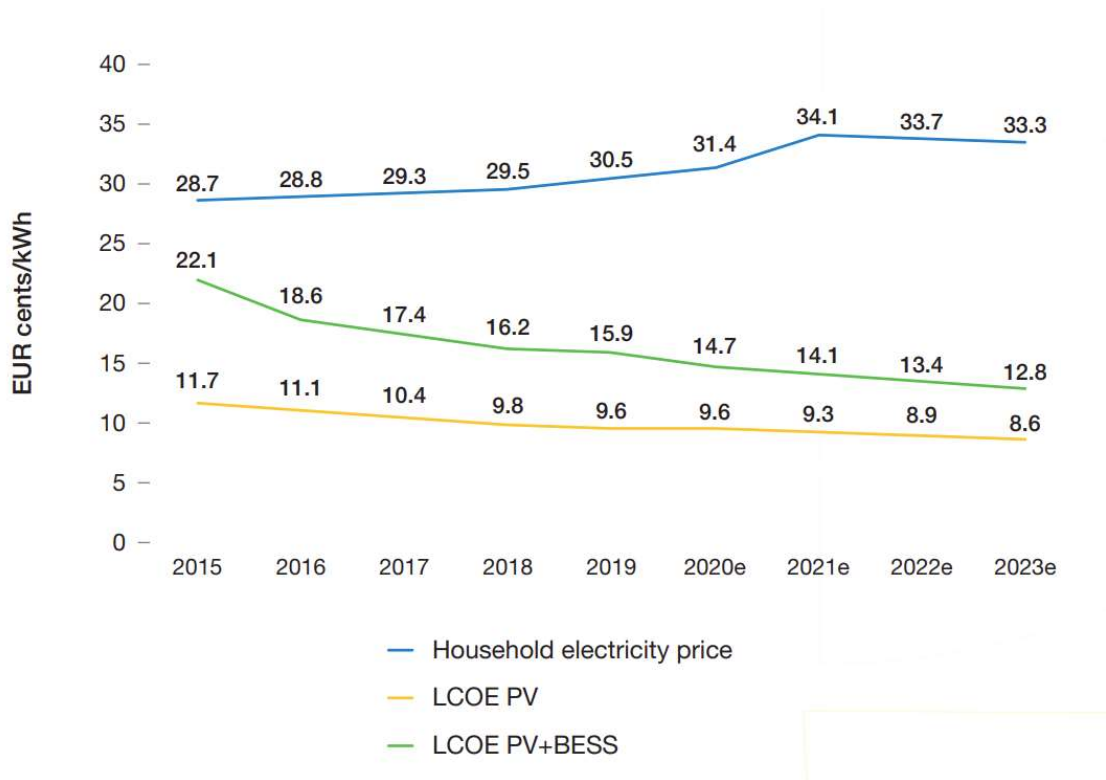
Yhdysvalloissa 70 % akuista kiinnostuneet sanoo mahdollisen investoinnin syyn olevan sähkökatkot. Toiseksi yleisin on sähkömaksuissa säästäminen, kolmantena on verkkoon syötettävän aurinkosähkö vähentäminen, neljäntenä akun myöhemmin asentaminen ja viimeisenä sähköverkosta irrottautuminen (kuva 20).



KUVA 20. Asiakkaiden kiinnostus kotiakkua kohtaan (EnergySage Intel Report H2 2020 to H1 2021)

Solar Power Europe on arvioinut kotiakkujen hinta- ja markkinakehitystä raportissaan lokakuussa 2020. Raportin ennuste on vuodelle 2024 asti (Solar Power Europe, European Market Outlook).

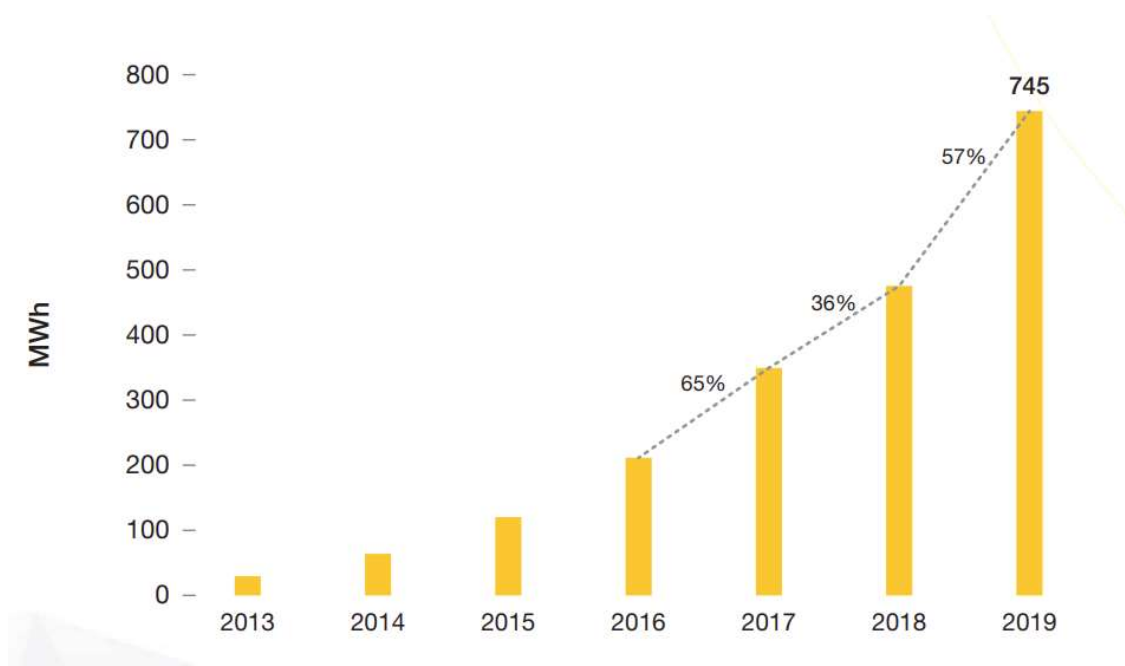
Käyttösähkön hinnan arvioidaan nousevan vuoteen 2021 asti ja sitten jatkuvan laskevassa trendissä. Samaan aikaan aurinkovoimaloiden hinnat laskevat tasaisesti ja aurinkovoimala + kotiakku seuraa trendissä mukana (kuva 21).



KUVA 21. Sähkön- ja aurinkovoimaloiden hintakehitys (Solar Power Europe, European Market Outlook).

Kuvasta huomataan, että 2015 akkujen hinnat ovat olleet korkeammat suhteessa aurinkovoimaan ja hintakäyrät jatkavat lähestymistä aina vuoteen 2023 asti (kuva 21).

Kotiakkujen markkinakehitys on vuosien 2013–2019 aikana huomattavaa, 40–60 % vuotuisen kasvun luokkaa (kuva 22).



KUVA 22. Kotiakkumarkkinan vuotuinen kasvu euroopassa (Solar Power Europe, European Market Outlook).

Kotiakku asennetaan noin 7 % kohteista, joihin tulee aurinkovoimala. Kaksi kolmesta kotiakusta Euroopassa asennetaan Saksassa. Saksa on johtava maa Euroopan aurinko- ja kotiakkumarkkinassa. Isoimmat akkumarkkinamaat Euroopassa ovat: Saksa, Italia, Yhdistynyt kuningaskunta, Itävalta ja Sveitsi. Euroopan muiden maiden yhteenlaskettu osuus markkinasta on 9 %.

3.2 Suomessa

Suomen kotiakkumarkkina on pieni, eikä kotiakku ole yleinen. Sähköverkko on Suomessa keskimäärin stabiili, eikä sähkökatkot ole jokapäiväisiä verrattuna esimerkiksi Yhdysvaltoihin, joissa sähkökatkot ovat yleisempiä ja täten tarve oma-varaisuudelle on suurempi. Suomessa jälleenmyydään muun muassa LG:n, Tesla ja Dynessin kotiakkuja.

Kotiakulla pystytään alentamaan sähköyhtiöiden tehomaksuihin perustuvaa hinnoittelua. Suomessa ainakin Helen on ottanut käyttöön tehomaksuperusteisen energiahinnoittelun. Tällä hetkellä tehomaksu on 1,59 €/kW ja maksu suoritetaan

kuukausittain. Esimerkiksi Helenillä tehomaksu määräytyy kuukauden kolmanneksi korkeimman tuntikulutuksen mukaan. Akulla pystytään älykkäällä ohjauksella leikkaamaan kulutuspiikki ja säästämään tehomaksuissa.

3.3 Kannattavuus

Lasketaan esimerkki kannattavuuslaskennasta kotiakulle Suomessa.

Hinnat ovat hieman optimistisia, mutta antavat hyvin suuntaa kannattavuudesta.

$$\text{Akun investointihinta} = 1\,000 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Aurinkovoimalalla tuotetun energian hinta} = 0,05 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Energian ostohinta verkosta} = 0,15 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

$$\text{Varastoidun energian hinta} = 0,10 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}$$

Akku siis maksaa itsensä takaisin 10 000 syklin jälkeen.

$$\text{Takaisinmaksu syklit} = \frac{1000 \text{ €/kWh}}{0,10 \text{ €/kWh}} = 10\,000$$

Jos yhdelle vuodelle oletetaan 200 täyttä sykliä, kestäisi akun maksaminen 50 vuotta.

$$\text{Takaisinmaksu vuosissa} = \frac{10\,000}{200} = 50 \text{ vuotta}$$

10 000 sykliä on akkutekniikalta paljon vaadittu. Akun takuun ollessa 10 vuotta ja sykliekstöisuuden noin 2 000–5 000 sykliä, alkaa yhtälö olla jo hyvin vaikea.

Mikäli akun hinta olisi 200 €/kWh, olisi takaisinmaksuaika 10 vuotta, jonka myös takuu kattaisi.

Ottamalla laskentaan mukaan tehomaksu saadaan takaisinmaksu aikaa lyhyemmäksi, sillä olettamalla, että energia ostohinta pysyy samana.

Jos akun kapasiteetti on 10 kWh ja sillä saataisiin kuukauden tehopiikkiä leikattua 5 kW, olisi kuukausisäästöjen arvo (Helenin hinnoittelun mukaan) 7,95 € ja vuosisäästö siten 95,4 €.

$$\text{Vuosisäästö} = 5 \text{ kW} \cdot 1,59 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \cdot 12 = 95,4 \text{ €}$$

Samalla 10 kWh akulla saadaan normaalista aurinkoenergian varastoinnista vuodessa 200 € säästöt, joten kokonaissäästö vuodessa olisi 295,4 €.

$$\text{Takaisinmaksu vuosissa} = \frac{10\,000 \text{ €}}{295,4 \text{ €}} = 34 \text{ vuotta}$$

Ottamalla laskelmaan mukaan tehomaksut, saadaan takaisinmaksuajaksi 34 vuotta.

3.4 Akkuteknologiat

Otetaan pieni katsaus kehitteillä oleviin akkuteknikoihin ja toimijoihin eripuolilta maailmaa. Mukana on niin konsepteja, kuin jo kaupallisia tuotteita. Kaikki akut ovat kotiakkukäyttöön soveltuvia ja jotkin myös teollisuustason tuotteita/palveluita.

Yotta Energy SolarLEAF

Yotta Energy on akkuvalmistaja Yhdysvalloista. Yotta Energyn SolarLEAF on katon paneelin alle asennettava litiumrautafoostaattiakku. Järjestelmä toimii mikroinvertteriteknologian kanssa (kuva 23). SolarLEAF SL1000 on 1000 Wh akku, joka kytketään aurinkopaneelin ja mikroinvertterin väliin. Akku on siis DC-kytkettävä ja hyötysuhteeksi on luvattu 92–95 %.



KUVA 23. Yotta Energy SolarLEAF (YottaEnergy)

Yotta:n akussa käytetään passiivista jäähdytystä, joka on kehitetty satelliiteissa käytettävän teknologian pohjalta. Katolle asennettava akku lisää katon kuormaa, mutta samalla vapauttaa neliöitä asuintiloista.

SolarLEAF ei ole vielä kaupallisessa vaiheessa, eikä yritykseltä löydy referenssejä.

Blue Sky Energy Greenrock

Blue Sky Energy on itävaltalainen yritys, jonka Greenrock-akku perustuu suolavesiteknologiaan (kuva 24). Yrityksellä on tarjota akkuja niin yrityksille kuin yksityishenkilöille. Akun sanotaan olevan vesiakkuna turvallinen, eikä sisällä luonnolle vaarallisia materiaaleja.



KUVA 24. Blue Sky Energy Greenrock (BlueSkyEnergy)

Greenrock-akku toimii 48 V jännitteellä, yksi- tai kolmivaiheisena ja DC- tai AC-kytkettynä. Akun C-arvo on 0,25 ja kapasiteetti 5–30 kWh. 15 vuoden kuluttua akun kapasiteetista on 70 % käytettävissä ja 10 vuoden takuu.

Greenrock-akku ei ole kaupallinen, eikä yrityksellä ole referenssejä.

Orison

Orison keskittyy tyylikkäisiin kotiakkuihin, jotka voidaan asentaa seinälle huomaamattomana järjestelmänä (kuva 25). Akkua pystyy kontrolloimaan puhelimella, applikaatiosta pystyy esimerkiksi määrittämään, koska akkua ladataan ja puretaan.



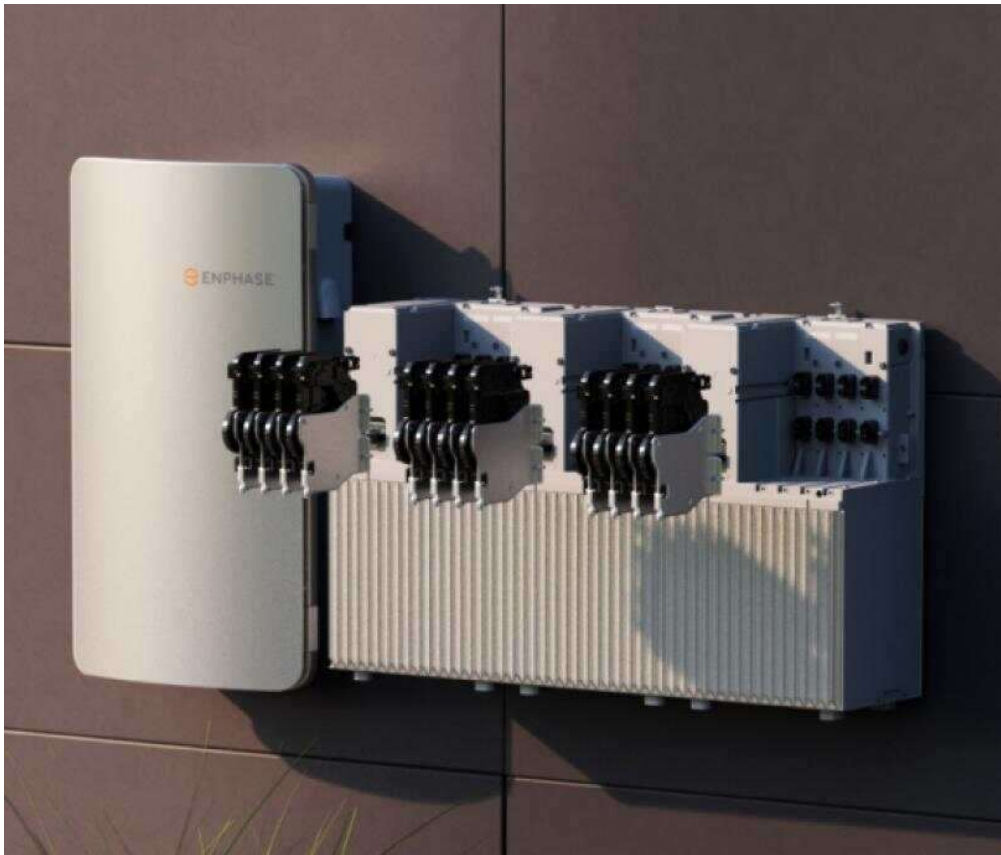
KUVA 25. Orison Panel akku (Orison)

Orison-akku kytketään suoraan pistorasiaan eikä keskusasennusta tarvita. Akku on siis AC-kytkettävä, eikä sitä pystytä kytkemään DC:nä. Akun kapasiteetti on 2,2 kWh ja jatkuva teho 1,8 kW. Kokonaishyötysuhde akulla on 85–90 %. Syklejä akulle on luvattu 8 000 ja materiaalina toimii litiumrautafosfaatti.

Orison akku ei ole kaupallinen, eikä yrityksellä ole referenssejä.

Enphase IQ

Enphase IQ -akku on AC-kytkettävä kotiakku. IQ käyttää kaksisuuntaisia mikroinverttereitä AC-DC-muunnoksen tekemiseen. IQ on modulaarinen ja akkukapasiteetin lisääminen on tehty helpoksi. Akkumateriaalina on litiumrautafosfaatti.



KUVA 26. Enphase IQ Battery (Enphase, Storage)

Akun kokonaishyötysuhde on 96 %. Akku ei sisällä tuulettimia, vaan jäähdytys on toteutettu passiivisesti. Akun DoD on 100 % ja takuuksi annetaan yli 80 % kapasiteetti 10 vuoden käytön tai 7 300 syklin jälkeen. Akku liitetään Enphasen koti-applikaatioon, jolla onnistuu akun purkaminen tietyille kulutuskohteille.

Enphase IQ -akku on jo kaupallinen ja Yhdysvalloissa

Tesla Virtual Power Plant

Tesla on julkaissut beta-version Virtual Power Plant -akkuyhteisöstä, joka toimii akkureservinä sähköverkolle. Yhteisöön pääsevät kaikki, jotka omistavat Tesla Powerwallin ja aurinkovoimalan. Yhteisön akustoja puretaan sähköverkkoon silloin, kun verkolla on tälle tarve.

Teslan puhelinapplikaatio ilmoittaa, ennen kuin purku on tapahtumassa ja käyttäjät pystyvät määrittelemään, mille DoD-tasolle akku tyhjennetään verkkoon. Akun purkamisesta verkkoon saa normaalin myyntisopimuksen mukaisen kompensaaation, mutta muuta kompensatiota ei ole ainakaan beta-vaiheessa tarjolla.

4 POHDINTA

Aurinkoenergian varastointi on looginen ja oleellinen osa aurinkosähkön kokovuorokautista hyödyntämistä. Akkujärjestelmän tämänhetkinen hinta ja käyttöikä aiheuttavat sen, ettei kotitalouden investointi akkujärjestelmään ole rahallisesti kannattavaa. Isommissa akkukokonaisuuksissa ja esimerkiksi Fingridin reservimarkkinoille osallistuminen tekee jo akustoista kannattavan.

Tarjontaa kotiakkurintamalta tuntuu löytyvän ja erilaisia teknologiasia ratkaisuita on kehitteillä ja varmasti tulossa tulevaisuudessa vielä useampia. DC- ja AC-kytkettyjä on molempia tarjolla, eikä näistä kumpikaan ole ylivoimaisesti edustettuna. Energy Sagen raportin pohjalta pystytään näkemään, että Enphase on valannut markkinaa viimeisen vuoden aikana. Syitä tähän voi olla esimerkiksi Enphasen mikroinverttereihin nojaama teknologia tai kokonaisvaltainen järjestelmätarjonta.

Kotiakun käyttötarve on Yhdysvalloissa erilainen kuin meillä Suomessa. Yhdysvaltojen sähköverkko kärsii mittavista sähkökatkoista sääolosuhteiden ja heikon infran takia. Suomessa sähköverkko on yleisesti kovin stabiili, eikä tällöin kotiakulle sähkökatkojen varalle ole samanlaista markkinaa. Motiiveiksi suomalaiselle kotiakun omistajalle jää omavaraisuus ja riippumattomuus sähköverkosta, akkujen ollessa vielä taloudellisesti huono ratkaisu. Taloudellinen kannattavuus muuttuu varmasti tulevaisuudessa ja tehomakujen kaltaiset hinnoittelut parantavat akkujen rahallista kannattavuutta, sekä lisäävät kiinnostusta kotiakkuja kohtaan.

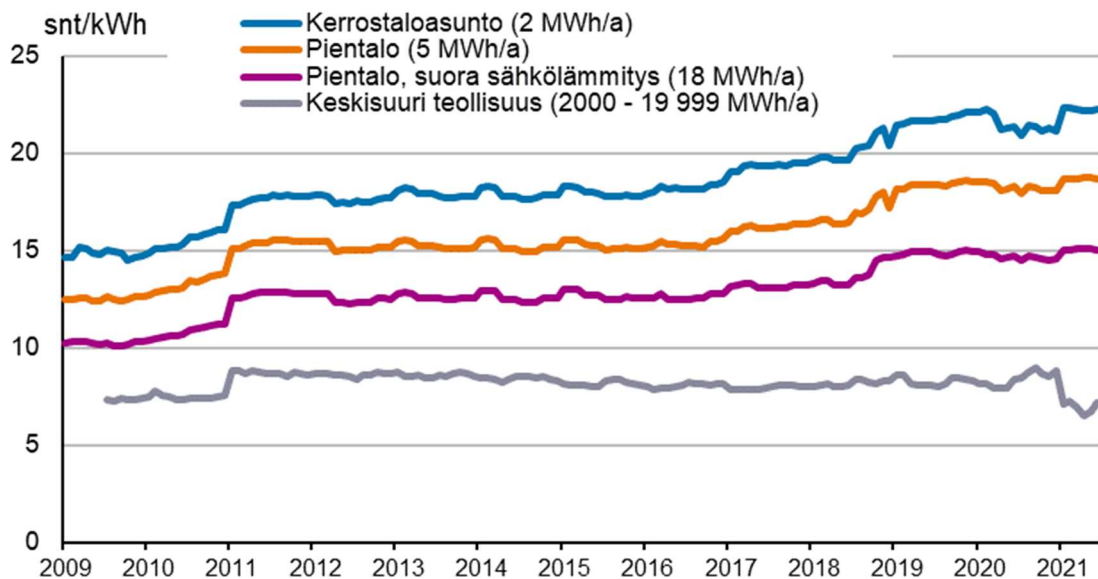
1, 3 ja 10 vuoden kehitys

Vuoden kuluttua tuskin nähdään merkittävää kehitystä akkumarkkinalla. Kotiakujen myyntitrendin uskon kasvavan ja Teslan Virtual Power Plantin kaltaiset hankkeet varmasti nostavat kiinnostusta kotiakkuja kohtaan. Suomessa tuskin vielä muutaman vuoden sisällä nähdään suurta kiinnostusta kotiakuista, ellei investointihinta laske huomattavasti. Uudet teknologiat, kuten suolavesiakut, varmasti yleistyvät, mikäli tekniikka saadaan kilpailukykyiseksi ja hinnat saadaan alas massatuotannon käynnistyttyä.

Kolmen vuoden kuluttua uskon, että kotiakkujen hinnat jatkavat edelleen laske-
mista ja ehkä nähdään jonkin kytkentämallin yleistyvän yli muiden. Energian hin-
nan jatkaessa nousua ja akkuhintojen laskiessa alkaa akkuinvestointi alkaa olla
kannattavampi ja varmasti markkina on valmis Orisonin kaltaisille helposti kytket-
täville akuille.

Näen kotiakun oleellisena osana aurinkovoimalan omistamaa kotitaloutta 10 vuo-
den kuluttua. Akkujen kehittämiseen on investoitu merkittävä määrä rahaa lähi-
vuosina ja vuosittaiset investointisummat ovat vain nousemaan päin. Suuren in-
novaation tullessa tulee markkina muuttumaan ja kotiakut yleistyvät huomatta-
vasti.

Energian hintakehitys on nousujohteinen ja tulee oletettavasti nousemaan tule-
vaisuudessa. 2020 sähkön hinta hieman laski koronapandemian sulkutoimien
johdosta, mutta vuonna 2021 nousi jyrkästi (kuva 27).



KUVA 27. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin (Tilastokeskus, Energian hinta)

Sähköenergian hinnan huomataan nousseen aina vuodesta 2009 tähän päivään
asti. EU:n ympäristötavoitteet ja sitä kautta esimerkiksi liikenteen sähköistyminen
tulevat lisäämään sähkön kysyntää tulevaisuudessa.

Pörssisähkön hinta on ollut nousussa 2021 (kuva 28). Tähän on vaikuttanut moni tekijä, esimerkiksi sääolosuhteet, ydinvoimala huollot ja päästöoikeuksien ja polttoaineiden hinnan nousu.



KUVA 28. Pörssisähkön hinta Pohjoismaiden sähköpörssissä (Yle, Sähkömarkkinat, Kaisa Uusitalo 15.9.2021)

Sähkön hinnan nousu povaa hyvää tulevaisuutta talouksien omavaraisuudelle ja täten aurinko- ja kotiakkujärjestelmille.

Akkujen tilan tarve on myös yksi tekijä kotiakkumarkkinassa. Useimmat kotiakut tarvitsevat kuivan sisätilan ja vakaat olosuhteet. Tilan puute ei varmasti suurimassa osassa kotitalouksia tuota ongelmia ja sopivan kokoinen akku ei ole kooltaan valtava tänä päivänä teknologialla.

Kerrostaloissa tämä toki on huomion arvoisen asia. Esimerkkinä Helsingissä neliöhinnan ollessa 10 000 € on jokainen teknisestä tilasta säästettävä neliö hyvin arvokas. Tämä ongelma pystytään ratkomaan katolle sijoitettavalla teknologialla kuten Yotta Energy tekee akullaan ja mikroinverttereillä. Olosuhteet katolla ovat elektroniikalle haasteelliset, mutta mikroinverttereillä on empiiristen tutkimusten mukaan hyvä lämmönkesto ja takuut jopa pidemmät kuin keskusinverttereillä.

Akkujen eettisyys on ollut otsikoissa vihreäsiirtymän myötä. 1/3 akkujen litiumista ja muut keskeiset raaka-aineet tulevat Argentiinan ja Chilen suolatasangoilta, jossa kaivuussa käytetään suuria määriä vettä. Akuille sopivaa litiumia voidaan valmistaa myös korkean lämpötilan avulla, joka kuluttaa runsaasti energiaa. Toinen tärkeä aine akuissa on koboltti. 70 % koboltista löytyy Kongosta, jossa huonot ihmisoikeudet, lapsityövoima ja vaaralliset työolosuhteet ovat läsnä. Koboltti on uusimmissa akuissa korvattu muun muassa raudalla ja mangaanilla.

Akkujen kierrätys on myös huolettava aihe. Euroopan unioni vaatii tällä hetkellä, että 45 % kaikista akuista kerättäisiin ja vuoteen 2030 mennessä tavoite on kerätä 70 % kaikista akuista uusiokäyttöön. Ajatuksena on myös käyttää uusissa akuissa 4 % kierrätettyä litiumia ja vuoteen 2030 mennessä tämä tulisi nostaa 10 %:iin. (Nature, Lithium-ion batteries 29.06.2021)

Vaikka akut ovat osa vihreää siirtymää ja sähköautot tuottavat vähemmän CO²-päästöjä kuin polttomootoriautot, on eettisyys ja todelliset ympäristöhaitat otettava huomioon.

Raaka-aineiden saatavuus ei ole litiumakkujen osalta ongelma tällä hetkellä. Useissa tapauksissa tarjonta laahaa kysynnän perässä, mutta tässä on kyse vain tuotantolaitosten liian pienestä määrästä. Litiumakkujen tämänhetkisiä pääraaka-aineita löytyy kyllä maaperästä, mutta tuotanto on haasteellista, eivätkä uudet tuotantolaitokset lähde tuottamaan hetkessä.

Kotiakkujen datalehdet antavat yleensä tietoa suhteellisen niukasti, kun mietitään kuinka moni asia vaikuttaa akun käyttöikänsä. Syklikestoa ei ole monen akun tiedoissa kerrottu ja akun elinikää on vaikea arvioida. Lyhyet 10 vuoden takuut kertovat jo tuotteiden eliniästä. Pidemmällä takuilla saataisiin varmasti kiinnostusta kotiakkua kohtaan suuremmaksi.

LÄHTEET

Azom, Multi-Modal FIB-SEM Analysis of Li-ion Batteries. 2018.
<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=15344>

Batteries potential criteria, 2021. Analysis of sustainability criteria for lithium-ion batteries including related standards and regulations. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/analysis-sustainability-criteria-lithium-ion-batteries-including-related-standards-and-regulations>

BatteryUniversity, BU-410. 2017. <https://batteryuniversity.com/article/bu-410-charging-at-high-and-low-temperatures>

BatteryUniversity, BU-502. 2011. Discharging at High and Low Temperatures. https://batteryuniversity.com/learn/article/discharging_at_high_and_low_temperatures

BatteryUniversity, BU-808. 2019. <https://batteryuniversity.com/article/bu-808-how-to-prolong-lithium-based-batteries>

BatteryUniversity, BU-808c. 2017. <https://batteryuniversity.com/article/bu-808c-coulombic-and-energy-efficiency-with-the-battery>

BlueSkyEnergy. <https://www.bluesky-energy.eu/en/greenrock-home-2/>

Bydbatterybox, Premium HVS / HVM Datasheet. <https://www.bydbatterybox.com/downloads>

Cleanenergyreviews, Solar Battery System Types, 30.10.2020
<https://www.cleanenergyreviews.info/blog/ac-coupling-vs-dc-coupling-solar-battery-storage>

EnergySage Intel Report H2 2020 to H1 2021. <https://www.energysage.com/data/>

Enphase, Storage. <https://enphase.com/installers/storage>

Evcreate, ideal battery temperature. 2020. <https://www.evcreate.nl/ideal-battery-temperature/>

Fronius, BYD Battery. Battery-Box Premium HVS/HVM <https://www.fronius.com/en-gb/uk/solar-energy/installers-partners/technical-data/all-products/storage-units/compatible-batteries/byd-battery-box-premium-hvshvm/byd-battery-box-premium-hvshvm>

Fronius, Symo Hybrid. <https://www.fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/technical-data/all-products/inverters/fronius-symo-hybrid/fronius-symo-hybrid-5-0-3-s>

Fronius, Symo Hybrid. Installers & Partners, Inverters. <https://www.fronius.com/en/solar-energy/installers-partners/technical-data/all-products/inverters/fronius-symo-hybrid/fronius-symo-hybrid-5-0-3-s>

Hoymiles HM-1500 <https://www.enfsolar.com/pv/inverter-datasheet/12685>

Ionenergy, cell balancing, 2020. How does cell balancing improve battery life. Radhika. 4.3.2020. <https://www.ionenergy.co/resources/blogs/cell-balancing-battery-life/>

IRENA, Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030. 10/2017 <https://www.irena.org/publications/2017/oct/electricity-storage-and-renewables-costs-and-markets>

Nature, Lithium-ion batteries 29.06.2021 <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01735-z>

Nature, Article 12967. 2015. Effect of Temperature on the Aging rate of Li Ion Battery Operating above Room Temperature. <https://www.nature.com/articles/srep12967>

Nature, Lithium-ion batteries 29.06.2021 <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01735-z>

Orison. <https://orison.com/>

SolarPower Europe, 2018. <https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2018/09/Global-Market-Outlook-2018-2022.pdf>

Solar Power Europe, European Market Outlook). Luettu 21.10.2021. <https://www.solarpowereurope.org/european-market-outlook-for-residential-battery-storage/>

Tesla, How Powerwall Works. <https://www.tesla.com/support/energy/powerwall/learn/how-powerwall-works>

Tesla Powerwall, datasheet. https://www.tesla.com/sites/default/files/pdfs/powerwall/Powerwall2ACDatasheet_EN_UK_feb2020.pdf

Tilastokeskus, Energian hinta. Luettu 28.10.2021. https://www.stat.fi/til/ehi/2021/02/ehi_2021_02_2021-09-09_kuv_005_fi.html

Webinar: Fronius Inverter with BYD Battery-Box Premium. 14:30. https://www.youtube.com/watch?v=azF5LxJ1jJA&list=PLxnRyy-bGLh8DzF67NB_rDoHwcTZSaJPH&index=12&ab_channel=FroniusSolarEnergy

YottaEnergy. <https://www.yottaenergy.com/>

Yle, Sähkömarkkinat, Kaisa Uusitalo 15.9.2021. <https://yle.fi/uutiset/3-12098567>