

Nykytila-analyysi TP 2.2

Energian varastointiteknologiat

Ona Vassallo

HAMK

Energiaobservatorio – rakennetun ympäristön aktiiviset energia-asiakkaat (ENO) – hanke



**Euroopan unionin
osarahoittama**



**HÄMEENLINNAN
KAUPUNKI**



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Sisällysluettelo

Johdanto	1
Energian varastointitekniikat	1
Lämmön varastointi	2
Sähkön varastointi	2
Energiavarastot Kanta-Hämeen alueella	4
Energian varastoinnin hyödyt kohderyhmille	5
Energia-asiakkaat	5
Energiantuottajat	9
Kannattavuuden arviointi	11
Lopuksi	13
Lähteet	15

Johdanto

Uusiutuvan energian lisääntymisen myötä energianvarastoinnista on tullut merkittävä joustavuuden keino energiasektorille. Suomen energiajärjestelmässä uusiutuvan energian osuus oli vuoden 2025 alkupuolella 46 % energian kokonaiskulutuksesta (Tilastokeskus, 2025). Pelkän sähkön osalta uusiutuvan energian osuus (ilman ydinvoimaa) oli samalla tarkastelujaksolla (2025Q1-2025Q2) noin 42 % sähkön kokonaiskulutuksesta ja noin 46 % sähkön tuotannosta (Tilastokeskus, 2025). Sähkön tuotannon osuudesta tuulivoima yksinään kattoi noin 28 %, joka on merkittävä määrä.

Uusiutuva energia on tuotannoltaan vaihtelevaa. Tämä tarkoittaa, että sen tuotantoa on ajoittain paljon ja toisinaan vain vähän. Silloin kun tuotantoa on paljon, energian hinta usein laskee. Toisaalta hinta kallistuu, kun tuotantoa on vähän. Näihin hinnan vaihteluihin energianvarastointitekniikat auttavat tasaamalla pörssihinnan vaihteluita, ja ehkäisemään kalliita tunteja.

Tässä analyysissä tutkitaan nykyisesti kaupallisesti saatavilla olevia akustoja energia-asiakkaiden ja energiantuottajien käytössä. Pääpainona tarkastelussa on energiavarastojen tuoma joustavuus, ja kalliiden pörssituntien välttäminen.

Analyysi on tuotettu osana Energiaobservatorio ”Rakennetun ympäristön aktiiviset energia-asiakkaat (ENO)”-hanketta, joka saa rahoitusta Hämeenlinnan kaupungilta ja Euroopan unionilta.

Energian varastointitekniikat

Tässä raportissa energian varastointitekniikat jaetaan pääpiirteittäin lämmön ja sähkön varastointiin. Energian varastointitekniikat voidaan määrittää sisältämään ainakin nämä kolme käsitettä:

- Lataus
- Varastointi / energian kantajana toimiminen
- Energian purku

Energian varastointiin liittyvää laitteistoa voidaan luokitella fyysisillä, energisillä, ajallisilla, tilallisilla ja ekonomisilla tavoilla. Kaupallisesti toimivia ja oleellisia laitteistoja kiinteistön energian varastoinnin kannalta ovat tällä hetkellä litiumioniakustot ja vesivarastot. Näistä litiumioniakut ovat parhaimpia liikkuvia akustoja, joita kotitalousasiakkaatkin suosivat. Seuraavissa kappaleissa tarkastellaan eri tekniikoita, joiden kautta energiaa voi varastoida.

Lämmön varastointi

Lämmön varastointi on suomalaiselle rakennuskannalle tuttua puuhaa. Kiinteistöjen lämminvesivaraajat ovat varmasti monelle tuttu tapa lämpimän veden varastointiin. Myös suuremmassa mittakaavassa esiintyy lämpövarastoja, ja niitä voi olla maanpäällisissä säiliöissä (esimerkiksi Loimua Oy:n Vanajan voimalaitoksen lämpöakku) tai maan alla olevissa varastoissa (esimerkiksi Helen Oy:n Mustikkamaan lämpövarasto (Helen Oy, 2020)). Lämmön varastointi tarkoittaa tilannetta, jossa lämpö kerätään ja varastoidaan myöhempää käyttöä varten. Varastointi voi olla lyhyt- tai pitkäaikaista.

Lämmön varastoinnin päätyypit ovat tuntuvaan/aistinvaraiseen lämpöön perustuva, latentti lämmönvarastointi ja termokemiallinen lämmönvarastointi. Tuntuvaan lämpöön perustuva lämpövarasto varastoi lämpöä nostamalla jonkun materiaalin lämpötilaa. Materiaaleina käytetään usein vettä, kiveä (Abddaim ym., 2024), betonia, sulatettua suolaa (Liu ym., 2022) tai hiekkaa (Lieskoski ym., 2024). Prosessissa materiaali absorboi lämpöä, ja sen lämpötila nousee. Kun lämpöä tarvitaan varastosta, materiaalin lämpötila laskee ja varastoitunut lämpö vapautuu.

Latentti lämmönvarastointi varastoi lämpöä käyttämällä faasimuutosmateriaaleja, jotka absorboivat tai vapauttavat suuria määriä energiaa, kun ne muuttavat tilaansa (esimerkiksi kun materiaalit sulavat tai jähmettyvät). Prosessissa lämpö imeytyy, kun faasimuutosmateriaali muuttuu kiinteästä aineesta nesteeksi, ja vapautuu, kun se jähmettyy.

Termokemiallinen varastointi varastoi lämpöenergiaa kemiallisissa sidoksissa, usein käänteisen kemiallisen reaktion avulla. Prosessissa lämpöä käytetään käänteiseen kemiallisen reaktion aikaansaamiseen, jolloin energiaa varastoituu. Reaktio voidaan kääntää päinvastaiseksi, jolloin lämpöä taas vapautuu.

Sähkön varastointi

Yleiset sähkönvarastointityypit ovat sähkökemiallinen varastointi, kuten akut ja superkondensaattorit sekä mekaaninen varastointi, kuten pumppuvesivoima, vauhtipyörät ja paineilmaenergiavarastointi.

Sähkökemiallinen varastointi on yleisin muoto monissa erilaisissa sovelluksissa, kuten normaalissa kulutuselektronikassa, sähköajoneuvoissa ja verkkojärjestelmissä. Akut varastoivat energiaa kemiallisen reaktion avulla. Esimerkkejä akuista on mm. litiumioni-, natrium-rikki- ja lyijyakut. Superkondensaattorit varastoivat energiaa kemiallisen reaktion

(17)

2025

sijaan sähköstaattisen varauksen avulla, mikä tarjoaa suuren tehon ja nopean lataus- ja purkukyvyn.

Mekaaninen varastointi muuntaa sähköenergian muiksi mekaanisen energian muodoiksi. Pumppuvesivoima käyttää sähköä veden pumppaamiseen ylämäkeen säilöön (Ghorbani ym., 2025; Lieskoski ym., 2024). Veden potentiaalienergia muunnetaan takaisin sähköksi virtaamalla tarvittaessa alaspäin turbiinin läpi.

Vauhtipyörät varastoivat energiaa pyörivän roottorin pyörimisen kineettisenä energiana. Ne soveltuvat lyhytaikaisiin, suuritehoisiin sovelluksiin.

Paineilmaenergiavarastointi käyttää sähköä ilman puristamiseen ja varastointiin, usein maanalaisissa luolissa (Luo ym., 2015). Kun sähköllä on ylituotantoa tai se on edullista, sähköenergiaa käytetään kompressorien pyörittämiseen, jotka puristavat ilmaa suureen varastotilaan. Tämä prosessi varastoi sähköenergiaa ilman potentiaali- ja lämpöenergiaa. Kun sähköä taas tarvitaan, varastoitu paineilma vapautetaan. Paineikentän ansiosta ilma laajenee ja virtaa turbiinin läpi, joka puolestaan pyörittää generaattoria, tuottaen sähköä takaisin verkkoon.

Sähkön pienkuluttajille näistä sähkön varastoinnin tyypeistä akut ovat oleellimmat, niiden nopean varastointi- ja purkukyvyn, modulaarisuuden ja pitkäikäisyyden vuoksi. Useat tutkimukset ovat osoittaneet akkujen tuovan kiinteistöjen omistajille oleellisia säästöjä ja joustomahdollisuuksia (Chatzigeorgiou ym., 2026; Rancilio ym., 2023; Rezaeimosafar ym., 2022). Suurin ongelma sähköakkujen asennuksessa on historiallisesti ollut niiden hinta, joka on viime vuosina halventunut huomattavasti (Solar Power Europe, 2025).

Vuoden 2026 alusta Fingrid, Suomen kantaverkkoyhtiö, alkaa perimään energiavarastojen tehomaksua ja huomioimaan energiavarastojen kulutusmaksua laskennassa. Tämä ei todennäköisesti tule koskemaan kiinteistöjen erillisiä, pieniä akustoja, elleivät ne usean kiinteistön aggregaatiolla ylitä 1 MW rajaa. Uuden hinnoittelun pääpiirteet on koottu alle (Taulukko 1).

Taulukko 1. Vuoden 2026 alussa voimaantuleva kantaverkkoon liitettävän energiavaraston hinnoittelu (Uudet kantaverkkopalvelun ja -hinnoittelun ehdot vahvistettu, 2025)

Alle 1 MW varastot	Käytännössä vapaita maksuista, edullisia pienille toimijoille ja pilotoinneille.
1–10 MW varastot	Fingrid laskuttaa energiavaraston tehomaksun sekä kulutus- ja tuotantotilasta erikseen. Maksu määräytyy ilmoitettujen mitoitustehojen mukaan, ei käytön mukaan.

(17)

2025

	Käytännössä jokaisella yli 1 MW varastolla on kiinteä kustannuserä riippumatta siitä, kuinka paljon varastoa käytetään.
Suurvarastot (>10 MW)	Maksu peritään €/MW/kk molemmista tehotiloista (esim. 50 MW varasto: 50 MW kulutus + 50 MW tuotanto = 100 MW verran tehomaksua).
Hybridivoimalat (esim. tuuli + varasto)	Maksetaan voimalaitosten tehomaksu. Varasto-osasta maksetaan energiavaraston tehomaksu erikseen sekä kulutus- ja tuotantotilasta. Jos tuotantotilan mitoitusteho ylittää voimalaitoksen oman nettosähkötehon, ylimenevä osa laskutetaan energiavarastona.
Vapautukset ja erityistapaukset	Varavoimakäyttöön tarkoitetut varastot (UPS, lyhytaikaiset häiriötilanteet) vapautetaan maksusta. Verkonhaltijoiden omat varastot vapautetaan maksusta kokonaan. Joustopalveluun pitkäaikaisella sopimuksella sitoutetut varastot voivat vapautua maksusta, jos verkonhaltijalla on ensisijainen käyttöoikeus. Tukivarastot, jotka palvelevat vain voimalaitoksen tai kulutuskohteen teknisiä vaatimuksia, vapautetaan.

Kaupallisesta näkökulmasta akkuja voidaan käyttää pääsääntöisesti kolmeen tarkoitukseen; sähkömarkkinoilla kaupankäyntiin, kapasiteetin tarjoamiseen varamarkkinoilla, tai ylimääräisen sähkön varastointiin tuotannon ja kulutuksen yhdistetyllä paikalla (esimerkiksi kiinteistöt, joilla on aurinkosähköjärjestelmä). Sähkönhinnan vaihtelut ja niiden tiheys ei ole aikaisemmin yleensä riittäneet kattamaan akkujen investointikustannuksia päivänsisäisillä markkinoilla (Lieskoski ym., 2024). Suomen kapasiteetti- ja reservimarkkinat voivat tarjota parempia liiketoimintamahdollisuuksia, jähka akut täyttävät markkinoiden liityntäkriteerit (Lieskoski ym., 2024; Vassallo, 2025).

Energiavarastot Kanta-Hämeen alueella

Kanta-Hämeen energiavarastojen tarkastelu suoritettiin kaukolämpöön liitettyjen isompien lämpöakkujen myötä perustuen Kaukolämmön vuositilastoon (Energiateollisuus ry, 2023) ja sähkövarastojen, kuten suurten teollisten akkujen osalta (Taulukko 2).

(17)

2025

Taulukko 2. Kanta-Hämeessä sijaitsevat kaukolämmön lämpöakut (Energiateollisuus ry, 2023).

Omistaja	Varastointimenetelmä	Maksimikapasiteetti	Lämmön tai sähkön latausteho/ purkuteho	Varaston tilavuus
Loimua Oy Hämeenlinna	Tuntuvaan lämpöön perustuva (lämpöakku)	400 MW	23/24 MW	10 000 L

Kanta-Hämeen alueella sähköverkon haltijana toimivalla Elenialla ei ole raportoitua sähkövarastoa, mutta viereiseen maakuntaan, Pirkanmaalle on suunniteltu kahta sähkövarastoa (*Sähkövarastojen käyttö etenee Elenian sähkönjakelun turvaamisessa*, 2021).

Kanta-Hämeessä toimii Elenian lisäksi Sallila Sähkönsiirto Oy sekä Caruna Oy, mutta kummallakaan näistä yrityksistä ei ole ilmoitettu olevan sähkövarastoja alueella.

Energian varastoinnin hyödyt kohderyhmille

Analyysiä varten valittiin ENO-hankkeen oleelliset kohderyhmät, joille akkutekniikoista voisi olla hyötyä, eli energia-asiakkaat ja energiantuottajat. Energia-asiakkaiksi valittiin sähköllä rakennuksensa lämmittävät kiinteistön omistajat, joilla sähkön käyttötarve on suurta. Tähän joukkoon kuului lisäksi aggregoitu ryhmä omakotitalojen omistajia, joiden sähköntarvetta voidaan verrata myös pk-yrityksen kulutukseen kokoluokaltaan. Energiantuottajien analyysiin valittiin kaukolämpöjärjestelmä, jolla on sähkökattiloita ja lämpöpumppuja, ja täten suhteellisen suuri sähköenergiantarve järjestelmässä.

Energia-asiakkaat

Energia-asiakkaille todistetut hyödyt ovat historiallisesti olleet melkein poikkeuksetta kohdekohtaisia, ja vaatineet aina investointilaskennan varmistamaan laitteiston kannattavuus ennen ostopäätöksen tekemistä. Alle on koottu yleisiä hyötyjä energianvarastoinnista energia-asiakkaille (Taulukko 3).

Taulukko 3. Energiavarastojen hyödyt energia-asiakkaalle

Vaikutus	Hyöty	Lähde
----------	-------	-------

(17)

2025

Sähkölaskun optimointi	Asiakas voi ladata varastoa silloin, kun sähkö on edullista (esim. yösähköllä tai aurinkopaneelien tuotannolla), ja käyttää energiaa kalliiden tuntien aikana.	(Zare Ghaleh Seyyedi ym., 2025)
Energiaomavaraisuus	Mahdollistaa oman aurinko- tai tuulisähkön tehokkaamman hyödyntämisen ja vähentää riippuvuutta verkosta.	(Chatzigeorgiou ym., 2026)
Varavoima	Akku tai lämpövarasto tuo turvaa sähkökatkosten aikana.	(Fingrid, 2023)

Energia-asiakkaille olennaisina energiavarastoina tarkastelussa pidettiin sähköakkuja niiden modulaarisuuden ja hintatason takia. Analyysissä tarkasteltiin markkinoilla jo kaupallisesti löytyviä Elisan Kotiakkua sekä Tesla Powerwall -akkua. Tarkastelu tehtiin ensin yhdelle omakotitalolle, sitten aggregoidulle omakotitaloryppäälle skaalaamalla akkujen koko ja kustannukset. Alla on lueteltu skenaariokohtaiset tiedot (Taulukko 4).

Taulukko 4. Akkujen analyysin skenaariot

Skenaario	Kiinteistö(t) ja lämmitysjärjestelmä	Akusto
Perus	Omakotitalo, 25 000 kWh sähköntarve, suora sähkölämmitys	ei akustoa
1	Omakotitalo, 25 000 kWh sähköntarve, suora sähkölämmitys	Elisan Kotiakku 28 kWh
2	Omakotitalo, 15 000 kWh sähköntarve, 7 kWp aurinkosähköjärjestelmä ja maalämpöpumppu	Elisan Kotiakku 21 kWh
AGG_perus	5 omakotitaloa, 100 000 kWh sähköntarve, maalämpöpumppu	ei akustoa
3	5 omakotitaloa, 150 000 kWh sähköntarve, aurinkosähköjärjestelmä (25 kWp) ja maalämpöpumput	2 x Tesla Powerwall 11,5 kW

Peruskkenaariot (perus ja AGG_perus) luotiin, jotta muiden skenaarioiden kassavirtaa pystyttiin arvioimaan ja vertailemaan tehokkaasti. AGG_perus -skenaariossa on aggregoitu yhteen viiden omakotitalon kulutukset, aurinkosähkö ja akustot. Skenaarioissa on oletettu, ettei verkkoon myymisestä peritä ylimääräistä kulua ja että ylijäämäsiähkön voi myydä markkinahintaan. Tarkastelussa on käytetty vuoden 2023 Elspot sähkömarkkinahintaa.

(17)

2025

Skenaarioiden tulokset puoltavat akustojen kannattavuutta joka kohdassa vähentämällä energiankustannuksia. Ero perusskenaarion (Perus) ja skenaarion 1 välillä on pieni, sillä suurin osa kassavirtaan vaikuttavasta sähkönsiirrosta saadaan, kun vältetään verkosta ostaminen. Skenaarion 2 ero on jo suhteellisen suuri, sillä sähkön kulutus skenaariossa on miltei puolittunut, ja tilanteessa on aurinkosähköjärjestelmä, joka korvaa kulutusta kohtuullisesti.

Taulukko 5. Skenaarioiden tulokset

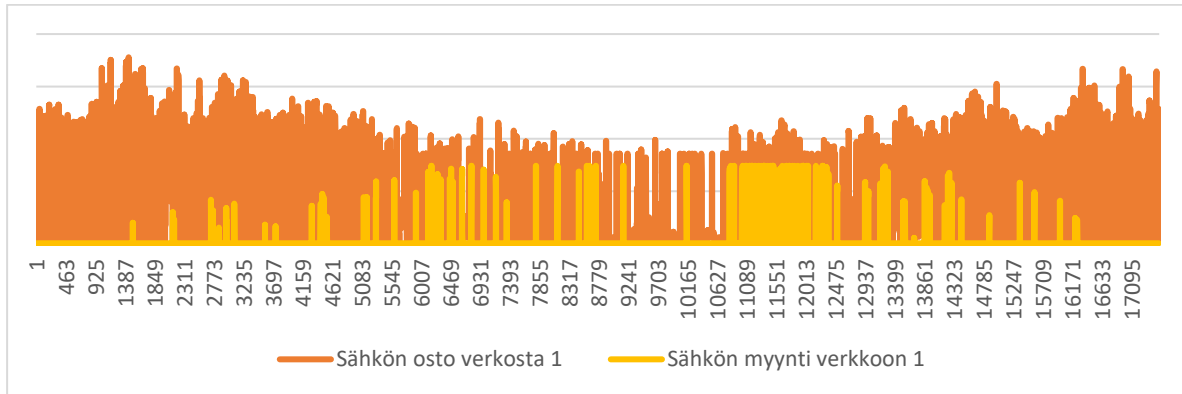
Skenario	Sähkön kulutus (MWh]	Pörssisähkön keskihinta [€/MWh]	Kassavirta perusskenaarioissa [€]	Kassavirta [€], kun purkutehoa voi myydä takaisin verkkoon pörssihintaan
Perus	25,0	65,89	-2 702	
1	26,7	52,867		-2 359
2	13,7	48.171		-666
AGG_perus	100,0	65,89	-16 214	
3	133,9	64,959		-13 717

Skenaarioiden tarkastelussa tulee huomata, että sähkön tuonti ja myynti on optimoitu sekä sähköntarpeen että kannattavuuden mukaan. Tämä tarkoittaa, että ohjelma myy sähköä silloin, kun se on markkinahintaan järkevää ja ostaa sähkö silloin, kun se on halpaa. Skenaarioiden "Perus" ja "1" vertailusta voidaan huomata, että kun järjestelmällä on tarpeeksi joustoa, ostetun pörssisähkön keskihinta pienenee huomattavasti, joka näkyy myös lopullisessa kassavirrassa (Taulukko 5). Sähkön osto ja myynti skenaariossa 1 keskittyy niille ajankohdille, jolloin sähkön myynti on kiinteistölle edullista. Näitä hetkiä syntyy

(17)

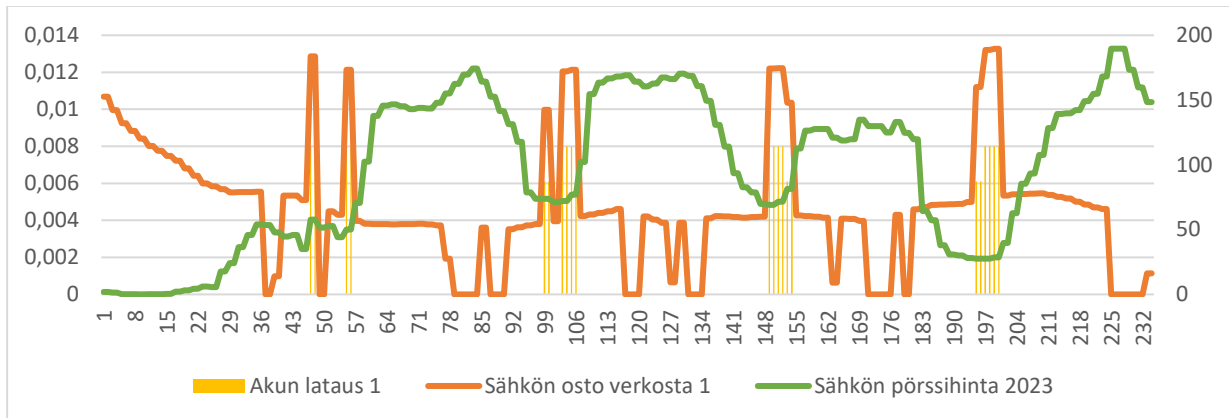
2025

pääsääntöisesti kesäisin, keväisin ja syksyisin, ja silloin, kun kiinteistössä ei ole omaa sähkön tarvetta (Kuva 1).



Kuva 1. Sähkön myynti ja osto skenaariossa 1

Akun lataus on kaikissa skenaarioissa optimoitu vastaamaan päivän sisäisesti halpoja pörssisähkön hinta-aikoja. Esimerkiksi skenaariossa 1 akun lataus kohdistuu juuri niille ajoille, kun sähkö on päivän sisällä halpaa, ja akkua täytyy ladata (Kuva 4).



Kuva 2. Lyhyen aikavälin akkuanalyysi skenaariossa 1, kun akun lataus on optimoitu halvoille sähkön tunneille. Vihreällä kuvaan on merkitty sähkön pörssihinta (Elspot 2023).

Vielä erikseen tarkasteltiin tilannetta, jossa ylijäämäsiähkön verkkoon myynti maksaa 0,3 snt/kWh ja liitännän perusmaksu on 5 €/kk normaalin siirtomaksun päälle (alv 0 %) (Taulukko 6).

Taulukko 6. Skenaarioiden tulokset, kun ylijäämästä maksetaan siirtopalkkio

Skenaario	Sähkön kulutus (MWh)	Pörssisähkön keskihinta [€/MWh]	Kassavirta [€], kun purkutehoa voi myydä pörssihintaan ja siitä maksetaan siirtopalkkio (0 % alv) [€]	Erotus tilanteeseen, jossa yli jäämän myynnistä ei tarvitse maksaa [€] (Taulukko 5)

(17)

2025

Perus	25,0	65,98	-2 702	-
1	25,8	52.615	-2 467	-108
2	11,9	47.975	-949	-283
AGG_perus	150,0	65,89	-16 214	-
3	132,9	62,68	-13 724	-7

Tilanteessa, jossa ylijäämän myynnistä maksetaan siirtohintaa ja perusmaksua, kassavirran määrä pieneni hieman jokaisessa skenaariossa, mutta eniten skenaariossa 2 (yksi omakotitalo, jossa on Elisan kotiakku sekä aurinkopaneelijärjestelmä).

Kaikissa skenaarioissa järjestelmä optimoi myynnin tarkemmin niille tunneille, jolloin pörssisähkö oli kalliimpaa. Esimerkiksi skenaariossa 3 siirtopalkkiottomassa tilanteessa järjestelmä myi 11,2 MWh sähköä takaisin pörssiin keskihintaan 55,82 €/MWh (yhteensä 629 €), kun taas siirtopalkkiollisessa tilanteessa järjestelmä myi vain 4,2 MWh sähköä pörssiin keskihintaan 115,227 €/MWh (yhteensä 488 €). Siirtopalkkioinen tilanne kulutti 1 MWh vähemmän energiaa kokonaisuudessaan, kun järjestelmä optimoi akkujen purun järjestelmällisesti kaikkein kalliimmille tunneille niin, että se ei maksa järjestelmälle ylimääräisiä kuluja. Tämä tarkoittaa, että sähkön hinnan tulee olla tarpeeksi korkea, että myynnistä saatu tuotto korvaa myynnin kustannukset. Näitä tunteja oli vuonna 2023 vähän, jonka takia energiaa purettiin verkkoon vain harvoin.

Akkujen itsenäisen aggregoinnin lisääminen reservimarkkinoiden tarjontaan ei ole olennaista tämän analyysin mittakaavassa, sillä pienin sallittu tarjouskoko oli FCR-N markkinapaikalle, ja sen on 100 kWh (*Itsenäinen aggregointi*, 2023).

Energiantuottajat

Alle on koottu yleisiä hyötyjä energianvarastoinnista energiantuottajille (Taulukko 4).

Taulukko 7. Energiavarastojen hyödyt energiantuottajille

Vaikutus	Hyöty	Lähde
Verkon tasapainotus	Varastot auttavat ylläpitämään tarjonnan ja kysynnän tasapainoa (esim. kun tuuli- tai aurinkovoiman tuotanto vähenee).	(Fingrid, 2023)

(17)

2025

Huipputehojen vähentäminen	Vähentävät tarvetta käynnistää kalliita ja saastuttavia varavoimaloita kulutushuippujen aikaan.	(Hakala, 2022; Lieskoski ym., 2024)
Uudet liiketoimintamallit	Varastoinnin avulla energiayhtiöt voivat myydä joustopalveluita sähkömarkkinoilla (esim. taajuuden säätö).	(Fingrid, 2023)
Parempi tuotannon hyödyntäminen	Aurinko- ja tuulivoimasta saadaan enemmän arvoa, kun ylimääräistä tuotantoa ei tarvitse ajaa hukkaan vaan voidaan varastoida.	(Fingrid, 2023)
Verkon vahvistamisen tarve vähenee	Varastot voivat paikallisesti purkaa siirtoverkon kuormitusta, mikä voi säästää kalliilta verkonrakennusinvestoinneilta	(Fingrid, 2023)

Suurempia energiantuottajia Kanta-Hämeen alueella ovat kaukolämpöjärjestelmät, joten siksi niiden osalta energiavarastojen tarkastelu on oleellista. Lisäksi Kanta-Hämeen alueella on tuulivoimala, jonka energianvarastointimahdollisuuksia tutkitaan myöhemmin tässä analyysissä.

Energiantuottajien skenaariot sisältävät lämpöakun jouston mahdollisuudet, akkutekniikoiden hyödyntämisen sähkökattiloiden yhteydessä, ja lämmön sekä sähkön yhteistuotannon yhteydessä (Taulukko 8). Alueen sähköntarpeelle on asetettu tuotantolaitoksen oma tarve (100 MWh), jonka oletetaan olevan tuotettu ilmaiseksi omassa laitoksessa (yhteistuotanto). Tämän tarpeen ylijäänyt sähkönosuus joko varastoidaan, myydään tai käytetään sähkökattiloissa. Valinnat sähkön käytölle vaihtelevat skenaarioiden mukaan. Ne mainitaan erikseen tulosten yhteydessä (Taulukko 9).

Taulukko 8. Energiantuottajien skenaarioiden kuvaukset

Skenaario	Järjestelmän kuvaus	Varastointimenetelmä
Perus1	Kaukolämpöjärjestelmä, yhteistuotantolaitos (70 MW), biokattila (35 MW), 2 sähkökattilaa (35 MW), lämpöpumppuja (16,5 MW), maakaasukattiloita (109 MW). 400 MWh tuntuvaan lämpöön perustuva kaukolämpöakku valmiina.	400 MWh lämpöakku, tuntuvaan lämpöön perustuva
Varasto1		Teollisen kokoluokan sähköakku, 1 MWh
Varasto2		2 x 400 MWh lämpöakkuja, tuntuvaan lämpöön perustuva
Varasto3		Yhteistuotantolaitos korvattu biokattilalla ja toisella

(17)

2025

		sähkökattilalla (yht. 75 MW). Sähköä ei tuoteta omasta takaa. Sähköakku ja 2 x tuntuvaan lämpöön perustuva lämpövarastoa.
--	--	---

Jokaisen skenaarion lämmön- tai sähkönvarastointimahdollisuus auttaa kassavirran pienentämisessä hieman. Skenaarioissa ei ole otettu huomioon verkkoon myynnin tehomaksuja, eikä sähkönsiirron maksuja, jonka takia sähkön myynti nousee jokaisessa skenaariossa todella kannattavaksi (Taulukko 9). Sähköntarpeen huipputeho on sähkökattiloiden ja tuotantolaitoksen oman tarpeen kanssa yhteensä noin 42 MW, josta yhteistuotanto pystyy kattamaan noin 16 MW.

Varasto 3 -skenaariossa maakaasulla toimivat huipputeholaitokset käynnistyivät useammin ja olivat päällä pidempään (7 käynnistystä ja 109 tuntia päällä). Perusskenaariossa käynnistyskäyntejä näillä oli 11 ja päälläoloaika vain 37 tuntia. Fossiilisia polttoaineita käyttävien huipputeholaitosten käynnistykset ja päälläoloajat vähenivät skenaarioissa Varasto1 ja Varasto2. Yhteistuotantolaitos, joka kävi osittain maakaasulla, oli päällä suurimman osan vuodesta ja käynnistettiin vain kahdesti. Tämä oli mahdollista vain, koska laitoksen oletettiin pystyvän tuottamaan sekä lämpö- että sähköenergiaa tehokkaasti myös osatehoisena.

Taulukko 9. Energiantuottajien skenaarioiden tulokset

Skenaario	Sähkön oston keskihinta [€/MWh]	Sähkön myynnin keskihinta [€/MWh] ja myynti [€]	Kassavirta [€]	Huomiot skenaarioista
Perus	15,589	111,556 / 4,3 M	41,67 M	Sähkölle on asetettu tuotantolaitoksen oma tarve (100 MWh), jonka oletetaan olevan tuotettu ilmaiseksi omassa laitoksessa (yhteistuotanto).
Varasto1	15,353	111,953 / 4,6 M	41,88 M	Sähkön myynti tarkoittaa tässä kohtaa akun purkua verkkoon silloin, kun se on kannattavaa. Lisäsäästö sähkön käyttöön tulee akuston ajastustoiminnolla, jolla pystytään välttämään kalliit sähkön hintatunnit.
Varasto2	14,539	111,457 / 4,4 M	41,81 M	Kahden tuntuvaan lämpöön perustuvan lämpövaraston tuoma säästö on hieman

(17)

2025

				pienempi. Auttaa lähinnä kalliiden voimalaitoksen käynnistämisen välttämässä.
Varasto3	16,912	112,865 / 178 t	39,99 M	Maakaasulla toimivat huipputeholaitokset käynnistyivät useammin. Sähkö ostettiin pörssihintaan.

Simuloinneissa sähkön oston keskiarvoinen hinta pieneni skenaarioissa Varasto1 ja Varasto2, sillä omaa tuotantoa pystyttiin hyödyntämään varastoimalla enemmän kuin skenaariossa Varasto3. Sen tähden myös kassavirta näissä skenaarioissa oli perusskenaariota korkeampi.

Kannattavuuden arviointi

Sähkön- ja lämmönvarastoinnin arvioinnissa ei otettu huomioon teknologioiden investointikustannuksia, vaan keskityttiin optimoimaan käyttöä ja todistamaan kannattavuus kassavirran avulla. Karkeat laskelmat suorasta takaisinmaksuajasta tehtiin näiden oletusten päälle (Taulukko 10). Tuntuvaan lämpöön perustuvassa tekniikassa huomioitiin investointikustannuksena vain toinen lämpövarastoista, sillä ensimmäinen varasto oli alueella jo entuudestaan. Varastojen investointitiedot eivät olleet julkisia, jonka takia arviot tekniikoiden hinnoista perustuvat alla olevassa taulukossa mainittuihin lähteisiin.

Taulukko 10. Tekniikoiden kannattavuuden arviointi

Varastointitekniikka	Hinta [€]	Lähde, johon hinta perustuu	Säästö perusskenaarioon verrattuna (Taulukko 6 & Taulukko 9)	Suora takaisinmaksuaika [vuotta]
Elisa Kotiakku 28 kWh	11 500	340€/kWh, asennuskustannukset 2000€ (Benson, 2023; <i>Elisa Kotiakku</i> , ei pvm.).	Skenaariossa 1: 235 €	48
Elisa kotiakku 21 kWh	9 000	(Benson, 2023; <i>Elisa Kotiakku</i> , ei pvm.)	Skenaariossa 2: 1753 €	6
2 x Tesla Powerwall 11,5 kW	19 400	(Benson, 2023)	Skenaariossa 3: 2490 €	7
1 MW sähköakku	340 000	(Benson, 2023)	Skenaariossa Varasto1: 210 000 €	2

(17)

2025

400 MWh tuntuvaan lämpöön perustuva lämpöakku	2 M	581 €/m ² (10 000 m ²) (Hakala, 2022) tai 5 €/kWh (400 MWh) (Burman, 2022)	Skenaariossa Varasto2: 140 000 €	14
---	-----	--	-------------------------------------	----

Energia-asiakkaan ensimmäisessä skenaariossa (Elisan Kotiakku 28 kWh) sähköakun kustannukset ylsivät liian korkeiksi, eikä akustosta saa kannattavaa skenaarion pörssi- ja siirtohinnoitusta. Tämä voi johtua hinnan lisäksi akuston koosta, jota optimoimalla voisi saada ihanteellisempia tuloksia. Akusto oli kuitenkin mitoitettu teknisten ohjeiden mukaisesti, mutta vain yhden vuoden pörssihinnoilla. Pörssihintojen vaihtelun tarkastelua tulisi tehdä enemmän, jotta pystyisi arvioimaan usean vuoden kassavirtaa. Lisäksi Suomi on lokakuussa 2025 siirtynyt varttihinnoitteluun sähkömarkkinan osalta, joka tarkoittaa, että joustomahdollisuuksia akustojen kanssa tulee enemmän. Valitettavasti tämän raportin kirjoitushetkellä dataa pörssin varttihinnojen kehityksestä ei ollut kertynyt tarpeeksi, jotta tarkastelu 15 minuutin jaksojen mukaan olisi voitu suorittaa.

Energiantuottajan näkökulmasta sähköakun hinta vaatii enemmän tarkastelua ja sen hankintaketjun selvittämistä. Vuoden 2025 avoimilla tiedoilla tarkastelu on puutteellista ja perustuu vanhoihin tietoihin. Tulos energiantuottajien skenaariossa Varasto1 on erittäin optimistinen, eikä sisällä tehomaksuja siirrosta tai siirtopalkkiota.

Lämpövarasto skenaariossa Varasto2 on myös optimistinen, mutta niiden ollessa jo käytössä esimerkiksi Hämeenlinnassa kertoo, että investointi on ollut kannattava. Lämpöakun tuoma säästö polttoainekustannuksissa on myös merkittävä, mikä laskee suoraa takaisinmaksuaikaa.

Lopuksi

Analyysin tavoitteena oli osoittaa, että energianvarastoinnilla on keskeinen rooli niin kotitalouksien kuin energiantuottajienkin näkökulmasta. Akustojen ja lämpövarastojen avulla voidaan parantaa järjestelmien joustavuutta, optimoida sähkön käyttöä sekä vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista ja kantaverkosta. Skenaariot toivat esiin, että akkuteknologioiden kannattavuus riippuu vahvasti käyttöympäristöstä ja hinnoittelumalleista, mutta oikein mitoitettuna ja optimoituna ne voivat tarjota merkittäviä säästöjä sekä lisäarvoa energiayhtiöille ja asiakkaille. Samalla ne tukevat kestävästä energiasysteemin rakentumisesta, jossa paikallinen tuotanto, jousto ja varastointi muodostavat entistä tärkeämmän kokonaisuuden.

Erityisesti Kanta-Hämeen alueen asukkaille, kunnille, kaupungeille ja pk-yrityksille raportin havainnot tarjoavat konkreettista tietoa päätöksenteon tueksi. Kotitalouksille akkujen avulla voidaan lisätä energiaomavaraisuutta ja pienentää sähkölaskua, kun taas kunnille ja kaupungeille ne tarjoavat välineitä ilmastotavoitteiden saavuttamiseen ja energiainfrastruktuurin kehittämiseen. Pk-yrityksille energianvarastot voivat avata uusia mahdollisuuksia kustannussäästöihin, tuotannon jatkuvuuden turvaamiseen sekä liiketoiminnan vahvistamiseen osana vihreää siirtymää. Näin ollen raportti ei ainoastaan kuvaa nykytilaa, vaan toimii myös käytännön työkaluna, joka voi vauhdittaa koko alueen siirtymää kohti kestävämpää, taloudellisesti kannattavaa ja energiaomavaraisempaa tulevaisuutta.



**Euroopan unionin
osarahoittama**



**HÄMEENLINNAN
KAUPUNKI**



HÄMEEN LIITTO
Regional Council of Häme

Lähteet

Abddaim, E., Sakami, S., El Hassnaoui, A., & Boukhattem, L. (2024). Impact of temperature on chemical, thermo-physical, and mechanical properties of four rock materials for sensible thermal energy storage. *Journal of Energy Storage*, 89, 111602.

<https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111602>

Benson, A. G. (2023). Customized predictions of the installed cost of behind-the-meter battery energy storage systems. *Energy Reports*, 9, 5509–5531.

<https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.04.270>

Burman, J. (2022). *Lämpövarastojen käyttö CHP-laitoksella: Kannattavuuden tarkastelu*.

<https://trepo.tuni.fi/handle/10024/141548>

Chatzigeorgiou, N. G., Theocharides, S., Makrides, G., & Georghiou, G. E. (2026).

Assessment of the economic feasibility of hybrid Photovoltaic – Battery Energy Storage Systems in public buildings with flexible load demand: Examination study in Southern Europe. *Renewable Energy*, 256, 124089.

<https://doi.org/10.1016/j.renene.2025.124089>

Elisa Kotiakku. (ei pvm.). Elisa. Noudettu 2. lokakuuta 2025, osoitteesta

<https://elisa.fi/kotiakku/>

Energiateollisuus ry. (2023). *Kaukolämmön vuositilasto 2023* [Dataset].

<https://energia.fi/tilastot/kaukolampotilastot/kaukolammitys-ja-jaahdytys/>

Fingrid. (2023). *Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024–2033*.

<https://www.fingrid.fi/kantaverkko/kehittaminen/kehittamissuunnitelma/>

Ghorbani, N., Sihvonen, V., Gulagi, A., Makian, H., Breyer, C., & Honkapuro, S. (2025).

Developing a replicable methodology for assessing pumped hydro energy storage potential: Mapping, estimation, and economic analysis. *Energy*, 334, 137586.

<https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.137586>

(17)

2025

Hakala, J. (2022). *Lämmön varastointiratkaisujen kartoitus ja niiden teknistaloudelliset arviot*

Pori Energia Oy:n kaukolämpöverkossa. <https://lutpub.lut.fi/handle/10024/164492>

Helen Oy. (2020, joulukuuta 7). *Mustikkamaan lämpöluolia aletaan täyttää vedellä*.

<https://www.helen.fi/uutiset/2020/mustikkamaa>

Itsenäinen aggregointi. (2023, syyskuuta 20). Fingrid.

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyss/sahkomarkkinoiden-kehityshankkeet/itsenainen-aggregointi/>

Lieskoski, S., Koskinen, O., Tuuf, J., & Björklund-Sänkiäho, M. (2024). A review of the current status of energy storage in Finland and future development prospects.

Journal of Energy Storage, 93, 112327. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.112327>

Liu, H., Zhang, X., He, S., He, D., Shang, Y., & Yu, H. (2022). Molten salts for rechargeable batteries. *Materials Today*, 60, 128–157. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2022.09.005>

Luo, X., Wang, J., Dooner, M., & Clarke, J. (2015). Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation. *Applied Energy*, 137, 511–536.

<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.081>

Rancilio, G., Dimovski, A., Bovera, F., Moncecchi, M., Falabretti, D., & Merlo, M. (2023).

Service stacking on residential BESS: RES integration by flexibility provision on ancillary services markets. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 35, 101097.

<https://doi.org/10.1016/j.segan.2023.101097>

Rezaeimozafer, M., Monaghan, R. F. D., Barrett, E., & Duffy, M. (2022). A review of behind-the-meter energy storage systems in smart grids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 164, 112573. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112573>

Reviews, 164, 112573. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112573>

Solar Power Europe. (2025). *European Market Outlook for Battery Storage 2025-2029*.

<https://www.solarpowereurope.org/insights/outlooks/european-market-outlook-for-battery-storage-2025-2029#download>

(17)

2025

Sähkövarastojen käyttö etenee Elenian sähköjakelun turvaamisessa. (2021, toukokuuta 18). <https://www.elenia.fi/uutiset/sahkovarastojen-kaytto-etenee-elenian-sahkonjakelun-turvaamisessa/>

Tilastokeskus. (2025). *Energian kokonaiskulutus pysyi edellisvuoden tasolla vuoden 2025 tammi-kesäkuussa* | Tilastokeskus. <https://stat.fi/julkaisu/cm1korjbmcmxp07vwajz3c57p>

Uudet kantaverkkopalvelun ja -hinnoittelun ehdot vahvistettu. (2025, syyskuuta 19). Fingrid. <https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2025/uudet-kantaverkkopalvelun-ja--hinnoittelun-ehdot-vahvistettu/>

Vassallo, O. (2025, toukokuuta 12). Energiatehokkuutta ja lisätuloja kansalaisille reservimarkkinoilta. *HAMK Unlimited*. <https://unlimited.hamk.fi/teknologia-ja-liikenne/energiatehokkuutta-ja-lisatuloja-kansalaisille-reservimarkkinoilta/>

Zare Ghaleh Seyyedi, A., Gitizadeh, M., Fakhrooeian, M., & Jabareh Nasero, M. (2025). Achieving the goals of energy arbitrage, peak-shaving, and PV self-consumption using PV-BTM BESS microgrids coupled with a distribution network. *Journal of Energy Storage*, 112, 115479. <https://doi.org/10.1016/j.est.2025.115479>