



Oamk Journal

Oulun ammattikorkeakoulun julkaisuja

Tämä on alkuperäisen julkaisun rinnakkaistallenne. Rinnakkaistallenne saattaa erota alkuperäisestä sivutuksestaan ja painoasultaan.

This is an electronic reprint of the original publication. This version may differ from the original in pagination and typographic detail.

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä/Please cite the original version:

Rukajärvi, J., & Mattila, T. (2026). Sähköstä lämpöön ja kitkasta kemiaan – näkökulmia energian varastointiin. *Oamk Journal*, (37). Oulun ammattikorkeakoulu. <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2026032422644>

METATIEDOT

Tyyppi: Artikkel

Julkaisija: Oulun ammattikorkeakoulu

Julkaisunumero: 37/2026

Julkaisuvuosi: 2026

Tekijätiedot: Rukajärvi Joonas, Mattila Tiina

Oikeudet: [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) (pois lukien kuvat 2, 3, 4, 7, 8 ja 9)

Kieli: suomi

Pysyvä osoite: <http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2026032422644>

Tiivistelmä: Energian varastointi on keskeinen haaste energiamurroksessa, jossa uusiutuvan energian osuus kasvaa ja sähköistyminen lisääntyy. Sähköä ei voi varastoida sellaisenaan, vaan se täytyy muuntaa kemialliseksi, mekaaniseksi tai lämpöenergiaksi, mikä aiheuttaa häviöitä. Lyhytaikaisessa varastoinnissa akkuteknologiat, kuten litiumioniakut, ovat nopeita ja tehokkaita, mutta niiden raaka-aineet ja kierrätys tuovat haasteita. Pitkäaikaisessa varastoinnissa pumppuvoimalat ja kaasuverkot tarjoavat ratkaisuja, mutta vaativat infrastruktuuria ja luonnollisia edellytyksiä. Suomessa korostuvat lämmön varastointi ja kausivarastot, kuten biomass ja hiekka-akut. Tulevaisuuden energijärjestelmä edellyttää monimuotoisia, integroitavia ratkaisuja.

Sähköstä lämpöön ja kitkasta kemiaan – näkökulmia energian varastointiin

30.3.2026 - Rukajärvi Joonas, Mattila Tiina

Energiaa on varastoitunut kaikkialle atomista aurinkokuntaan.

Käyttötarkoitukseensa soveltuvia lyhytaikaisia energiavarastoja on olemassa

esimerkiksi autoissa tai pienelektronikassa, mutta haasteena on energian

pidempiaikainen varastoiminen, jota tarvitaan erityisesti Suomen olosuhteissa.

Suomessa sähkönkulutus talvikuukausina kasvaa ja uusiutuvien energianlähteiden tuotanto vähenee.

Energia on fysiikan perussuure, joka määritellään kykynä tehdä työtä (Tieteen termipankki, 2025). Energia ei kuitenkaan ole vain yksi ilmiö. Se on monimuotoinen kokonaisuus, joka ilmenee muun muassa lämpönä, liikkeenä, kemiallisena potentiaalina ja sähkömagneettisena säteilynä (taulukko 1). Osa energian muodoista on edelleen tuntemattomia: kosmologiassa puhutut pimeä aine ja pimeä energia muistuttavat siitä, että käsityksemme energiasta on yhä rajallinen (Gohd, 2025a; b).

Taulukko 1 havainnollistaa energiamuotojen välisiä muunnoksia ja sitä, että energia ei häviä vaan muuttaa muotoaan erilaisissa prosesseissa. Esimerkiksi auton moottorissa polttoaineisiin varastoitunut kemiallinen energia muuntuu lämmöksi, joka muunnetaan kineettiseksi energiaksi (Demirel, 2021). Energianmuunnosten aikana osa energiasta muuttuu vähemmän hyödylliseksi, kuten kitkan aiheuttamaksi lämmöksi (Valero ym., 2023).

TAULUKKO 1. Energianmuutosmatriisi (mukailtu Smil, 2017).

Mistä/ mihin	Sähkömagneettinen	Kemiallinen	Ydinvoima	Lämpö	Kineettinen	Sähkö
Sähkömagneettinen		Kemiluminisenssi "kylmä valo"	Ydinpomot	Lämpösäteily "hehku"	Kiihtyvät varaukset "valo, radioaallot"	Sähkömagneettinen säteily
Kemiallinen	Fotosynteesi	Konvertio		Kiehuminen	Radiolyysi	Elektrolyysi

Ydinvoima	Fotonukleaariset reaktiot					
Lämpö	Auringon-säteilyn-absorptio	Palaminen	Fissio/fuusio	Lämmönvaihto	Kitka	Vastuslämmitys
Kineettinen	Radiometri	Aineenvaihdunta	Radioaktiivisuus	Lämpölaajeneminen	Vaihteet	Sähkömoottorit
Sähkö	Aurinkokennot	Poltto- kennot/ akut	Ydinpa- ristot	Lämpö- sähköi- syys	Sähkö- generaat- torit	

Häviöt ovat yksi syy siihen, miksi energian varastoiminen on haastavaa: jokainen uusi prosessivaihe vie osan energiasta ja heikentää siten koko järjestelmän hyötysuhdetta (International Energy Agency, 2022b). Lisäksi ajan kasvaessa myös häviöt kasvavat. Energiantuotannon näkökulmasta varastoinnilla viitataan useimmiten tuotetun ylimääräisen lämmön ja erityisesti sähkön varastointiin.

Sähkön varastoinnin ajankohtaisuus liittyy energiamurrokseen, jossa keskeisiä tekijöitä ovat uusiutuvan energian tuotannon kasvu ja yhteiskunnan sähköistyminen. Uusiutuva energia, kuten aurinko- ja tuulivoima, on sääriippuvaista, minkä vuoksi tuotanto on epätasaista. Lisäksi esimerkiksi liikenteen sähköistyminen lisää sähkön kulutuspiikkejä, kun kuluttajat lataavat ajoneuvojaan päivän ajojen jälkeen. Tuotannon ja kulutuksen vaihtelut tekevät sähköverkon tasapainottamisesta entistä haastavampaa.

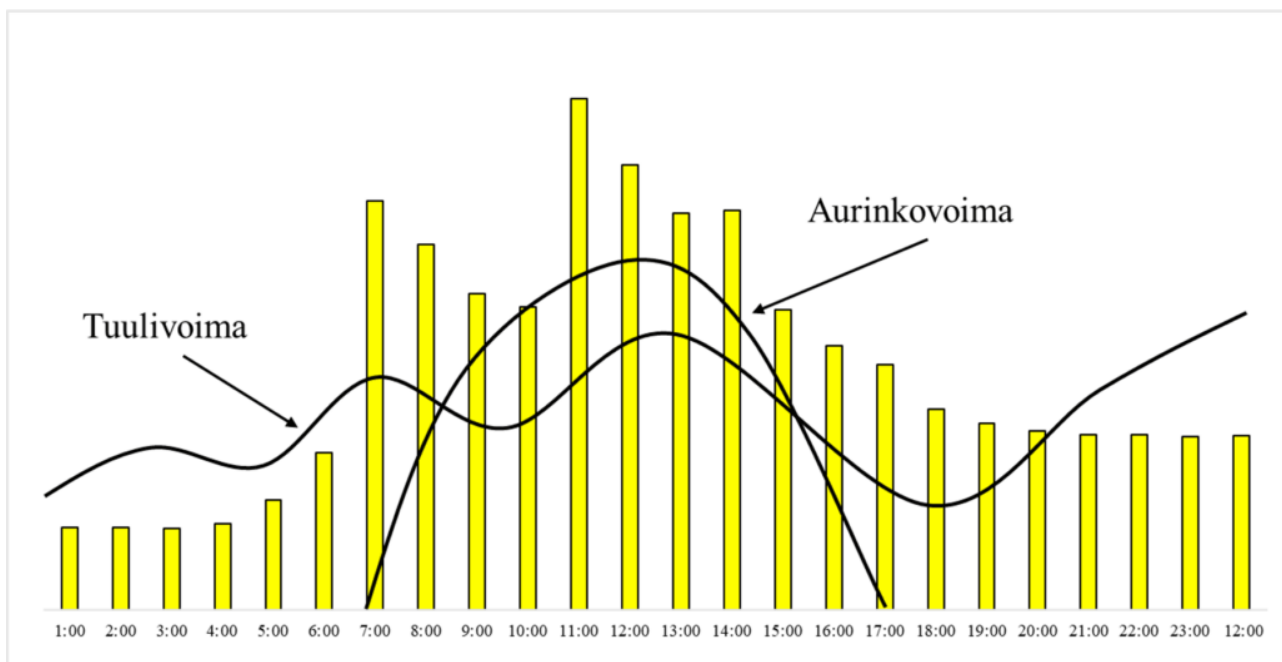
Energian varastointi on herättänyt kiinnostusta myös huoltovarmuuden ja omavaraisuuden näkökulmasta. Varastoinnin avulla voidaan parantaa energian saatavuutta alueellisesti ja kansallisesti erilaisissa kriisitilanteissa. Huoltovarmuuden ja omavaraisuuden näkökulmasta voidaan kehittää myös hajautettua tuotantoa ja hallita sen kautta myös kulutusta. (Ks. esim. Mattila & Nuortimo, 2025.)

Energianvarastoinnin taustaa

Modernissa yhteiskunnassa sähköllä on keskeinen rooli arjen sujuvuudessa ja yhteiskunnan toimintojen ylläpidossa. Sähköjärjestelmän erityispiirteenä on pitää tuotanto ja kulutus jatkuvasti tasapainossa: sähköä on tuotettava riittävästi reaaliajassa kulutukseen

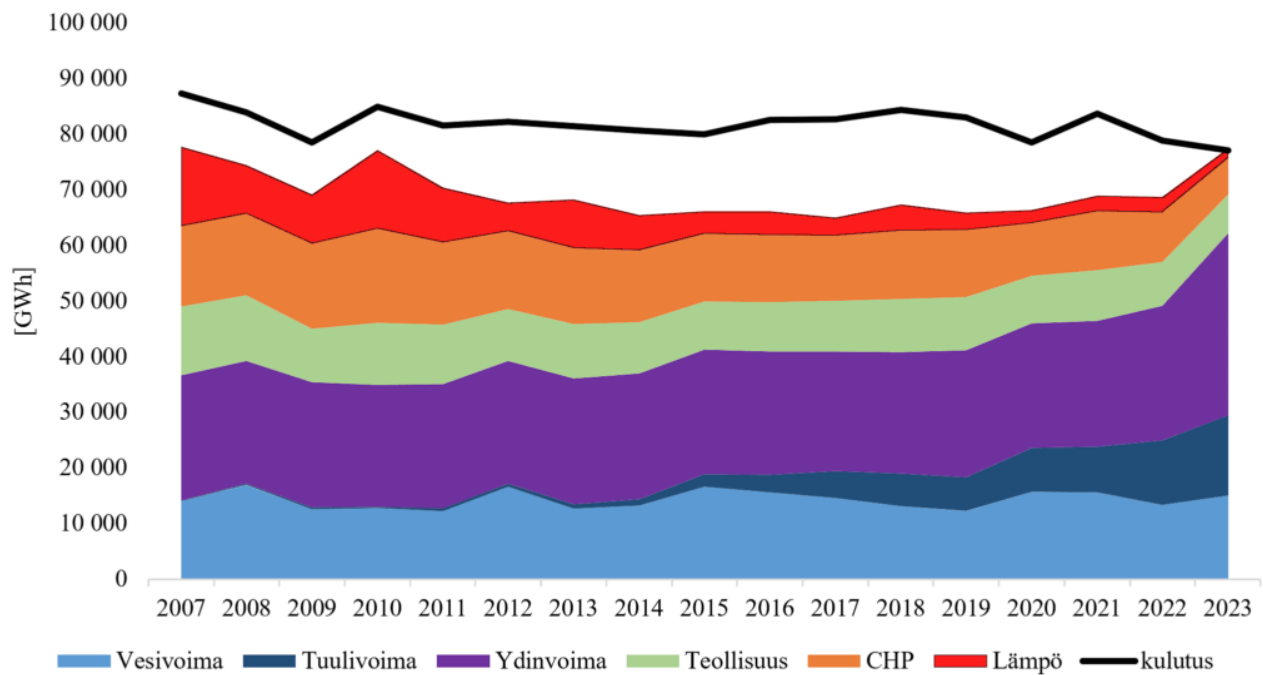
nähden. Tämä erityispiirre on muovannut monipuolisten sähkömarkkinoiden kehittämistä, jossa tuottajat ja kuluttajat osallistuvat verkon tasapainottamiseen ja saavat siitä markkinaehtoisen korvauksen (Fingrid, 2023a; International Energy Agency, 2022b).

Sähköntuotanto on kuitenkin siirtymässä kohti kokonaisuutta, jossa eivät toimi pelkästään suuret energialaitokset ja teollisuus. Energian tuotanto hajaantuu useisiin pienempiin, voimakkaammin sääriippuvaisiin uusiutuviin energialähteisiin, kuten tuuli- ja aurinkoenergiaan (ks. esim. Mattila ym., 2025). Tuotannon nopea vaihtelu näillä tuotantomuodoilla on lisännyt tarvetta ennakoida sähköverkon tasapainoa lyhyemmillä aikajaksoilla. Tämän vuoksi sähkömarkkinoilla on siirrytty tuntikohtaisista jaksoista varttitaseeseen, mikä edellyttää tuotanto- ja kulutusresurssien aiempaa nopeampaa reagoitua (Fingrid, 2023b). Kuvassa 1 esitetty kulutusprofiili (keltaisella) kuvaa erään päiväkodin sähkön tarvetta. Kuvaan on havainnollistettu auringon nousu ja lasku helmikuun puolivälin tienoilla. Tuulivoiman tuotanto voi vaihdella jopa 70–90 prosenttia vuorokauden aikana (Kytönen, 2026).



KUVA 1. Periaatepiirros uusiutuvan energian tuotannon ja sähkön kulutuksesta. Esimerkiksi Oulun korkeudella 16.2. aurinko nousee noin kello 6.30 ja laskee noin klo 18.45 (kuva: Joonas Rukajärvi, 2025).

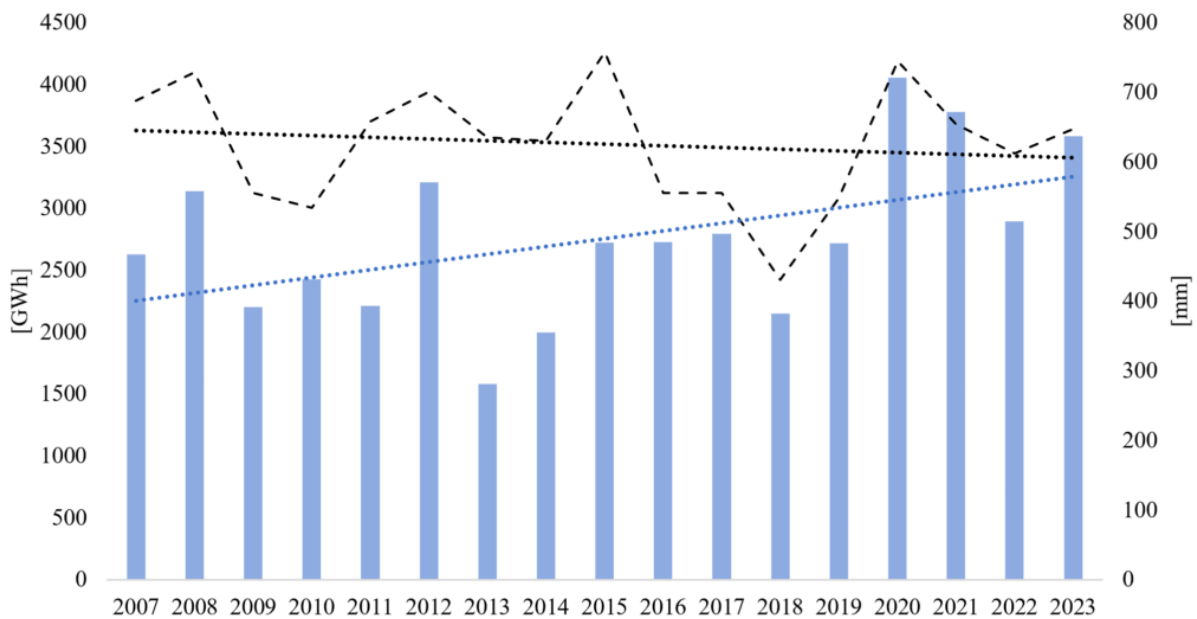
Kuva havainnollistaa tuuli- ja aurinkovoiman sekä kulutuksen vaihtelua vuorokauden sisällä. Uusiutuvan energian tuotantomäärän vaihtelun takia tarvitaan edelleen voimalaitoksia, joita voidaan ajaa hallitusti. Suurin osa tasaisesta tuotannosta Suomessa on perinteisesti toteutettu ydinvoimalla, CHP:lla (Combined Heat and Power), teollisuuden yhteistuotannolla (kuva 2). (Fingrid, 2023c).



KUVA 2. Sähköntuotanto Suomessa vuosina 2007–2023. Kulutuksen ja tuotannon väli on täytetty muualta tuotavalla sähköllä (kuva muokattu lähteestä Energiateollisuus, 2025).

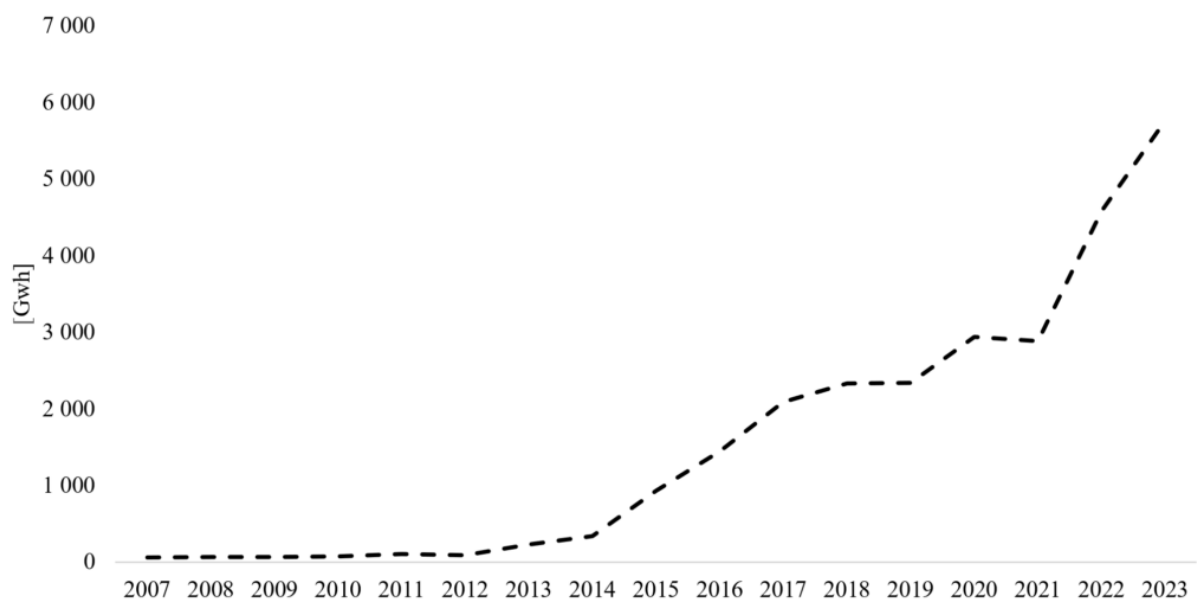
Vesivoima ja pumppuvoima energian varastointiratkaisuna

Kulutuspiikkien tasaamisessa on perinteisesti hyödynnetty vesivoimaa, jonka etuna on nopea reagointiaika ja siten tuotannon nopea säädettävyys (International Energy Agency, 2021). Vesivoiman käyttö tasapainottavana tuotantomuotona on kuitenkin sidoksissa hydrologisiin olosuhteisiin, erityisesti sademääriin. Sademäärä vaikuttaa muun muassa siihen, kuinka paljon vettä on käytettävissä sähköntuotantoon (kuva 3). Mikäli vesivoimaloita ajetaan tuotantotarpeen perusteella huomioimatta vesitilannetta, seurauksena voivat olla vesistön pinnankorkeuksien suuret vaihtelut, rantavyöhykkeen eroosio ja haitalliset vaikutukset vesiekosysteemeihin (Sahi, 2018).



KUVA 3. Havainnekuva Pohjois-Pohjanmaan sademääristä ja vesivoiman käytöstä. Kuvaajan laadinnassa on hyödynnetty Ilmatieteen laitoksen ja Tilastokeskuksen aineistoja (kuva: Joonas Rukajärvi, 2025).

Viime vuosien trendit osoittavat, että vesivoiman käyttö on kasvanut, vaikka saman aikavälin sademäärät ovat pysyneet melko vakaina (Ilmatieteen laitos, n.d.). Yhtenä syynä tähän voidaan pitää tuulivoiman voimakasta kasvua. Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaalla tuotanto on noussut noin 60 GWh:sta lähes 6 000 GWh:iin kymmenessä vuodessa (Tilastokeskus, 2024) (kuva 4). Vesivoima toimii edelleen tärkeänä säätövoimana tuotannon vaihteluissa.

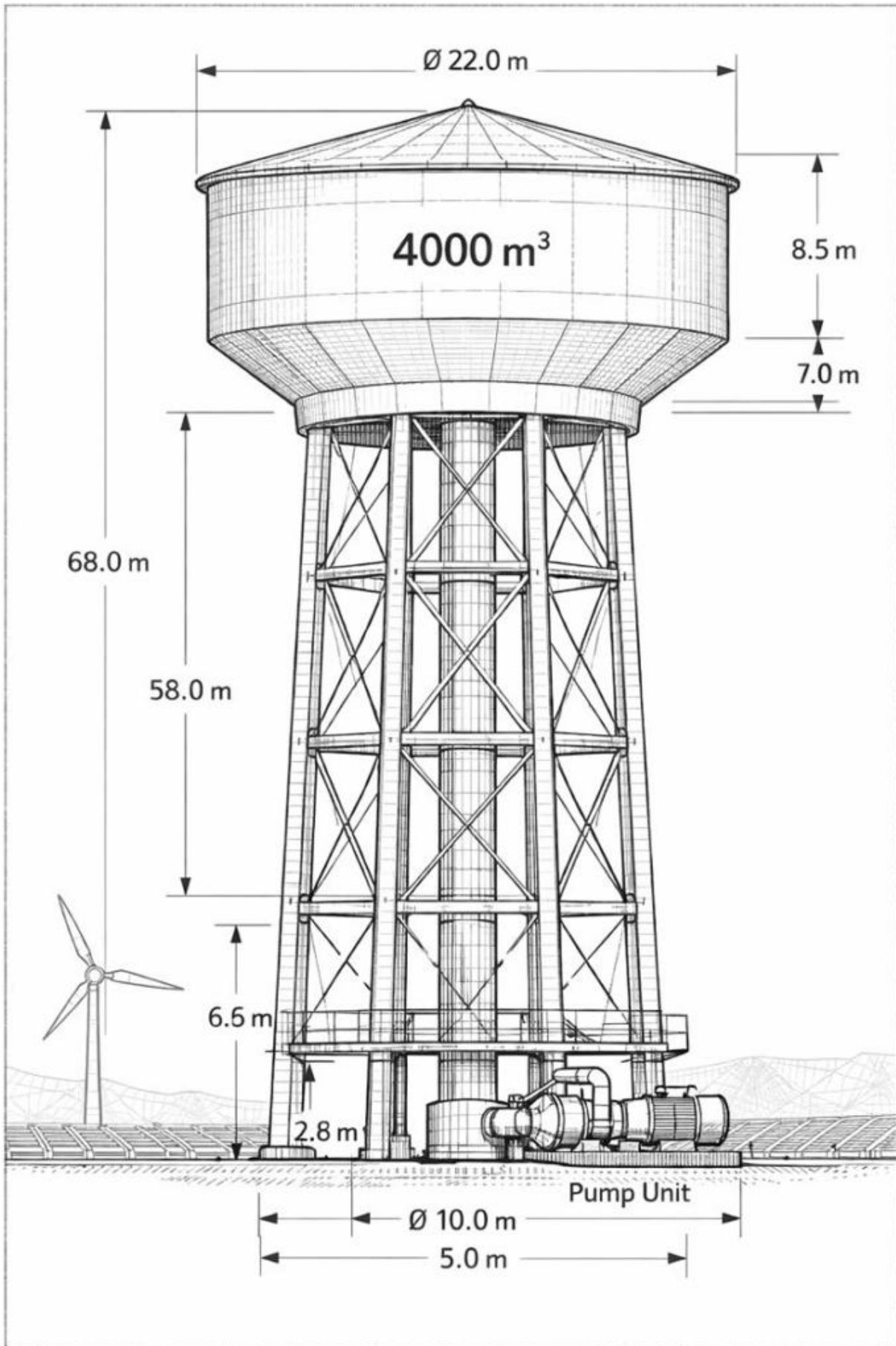


KUVA 4. Pohjois-Pohjanmaalla tuotettu tuulisähkö (kuva muokattu lähteestä Energiategollisuus, 2025).

Uusia energiavarastoja pohdittaessa pumppuvoimalaitokset nousevat usein keskusteluaiheeksi – erityisesti megawattiluokan energiamäärien varastoinnissa. Pumppuvoimassa vettä nostetaan ylempään altaaseen silloin, kun sähkö on halpaa ja vapautetaan turbiinien läpi sähkönn hinnan ollessa korkea. Menetelmä on maailmanlaajuisesti merkittävin sähkövarastoinnin muoto suurissa mittakaavoissa (International Energy Agency, 2022a). Sen käyttökelpoisuus on kuitenkin riippuvainen paikallisista korkeuseroista sekä maa- ja vesialueiden saatavuudesta (European Commission, Artelys, Enerdata, & Trinomics, 2020).

Suomessa pumppuvoiman kehitys on ollut niukkaa. Esimerkiksi Pyhäsalmen kaivokseen suunniteltu pumppuvoimala arvioitiin taloudellisesti kannattamattomaksi valtion mittavasta tukivalmiudesta huolimatta (Ukkonen, 2025). Myös Kemijärvelle suunnitellut hankkeet ovat kohdanneet vastustusta johtuen vesistön pinnan korkeuden vaihtelusta ja sen vaikutuksista ympäristöön (ks. esim. Leisti, 2024). Nykyisin Suomessa toimii vain yksi pumppuvoimalaitos, Jumiskon yhdistelmävoimala, jossa pumpputekniikka täydentää perinteistä vesivoimaa.

Suomi on topografialtaan tasainen, ja juuri tästä syystä maassamme on satoja vesitorneja. Niiden pääasiallinen tehtävä on tuottaa paine vesijohtoverkkoon, mutta soveltuisivatko ne myös sähkömarkkinoiden säätöön? Yksi esimerkki on vesitornien kaltaisten rakennelmien hyödyntäminen energian varastoisessa. Kuvassa 5 on Maikkulan vesitornin kokoinen rakennelma, jonka vesitilavuus on 4 000 kuutiometriä ja korkeus merenpinnasta noin 68 metriä.



KUVA 5. Pumppuvoimala yhdistettynä vesitorniin (kuva tehty ChatGPT 5.2:lla, tekijä: tekijä: Joonas Rukajärvi, 2025).

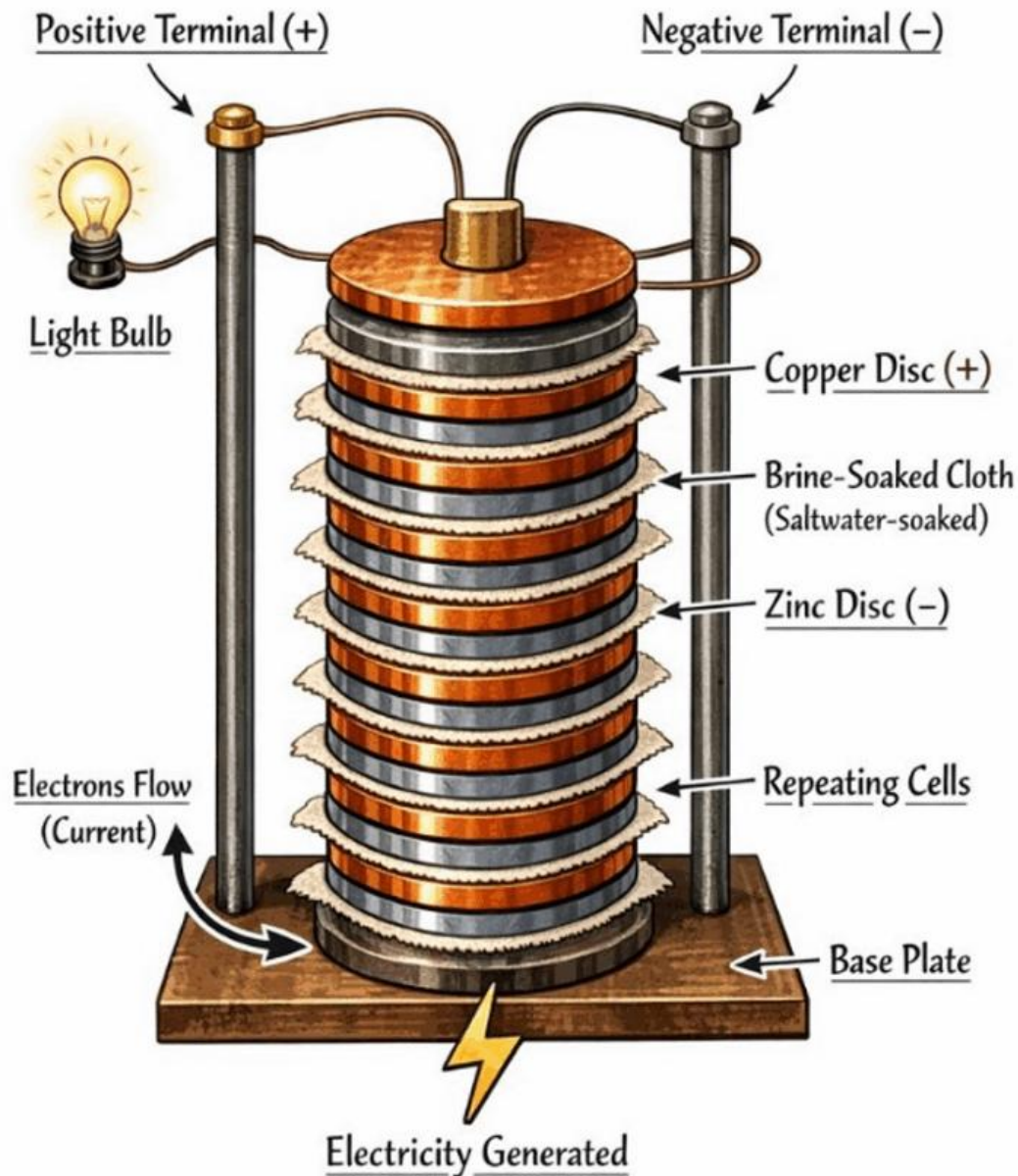
Tällaiseen rakennelmaan on varastoitunut 740 kWh potentiaalienergiaa. Jos turbiinin hyötysuhteeksi oletetaan 0,4–0,6, saadaan varaston täysin tyhjentyessä purettua energiaa noin 300–450 kWh. Varaston uudelleen täyttäminen taas veisi 1250–1850 kWh sillä oletuksella, että pumpulla on sama hyötysuhde kuin turbiinilla (0,4–0,6). Laskelma on hyvin karkea, eikä siinä ole huomioitu putken kokoa tai häviöitä. Putken koko vaikuttaisi purkunopeuteen. Kitka ja vuodot pienentävät kapasiteettia ja kasvattavat pumppauksen tarvetta. Laskelma antaa kuitenkin viitteitä siitä, kuinka paljon enemmän lataaminen (pumppaaminen) tarvitsee energiaa kuin mitä laitoksella voisi varastoida.

Vaikka pumppuvoimalat ovat hyvin tunnettua ja testattua teknologiaa, ja ne kykenevät varastoimaan erittäin suuria energiamääriä, niiden rakentamisen kannattavuus edellyttää vesitornia suurempaa pinta-alaa luonnollisine korkeuseroineen. Suomessa on paljon vettä saatavilla, mutta topografiset edellytykset rajaavat kuitenkin pumppuvoimaloiden potentiaalia, koska luonnollisia korkeuseroja on rajoitetusti.

Sähkökemialliset energiavarastot – akut

Sähkökemiallisten akkujen historia ulottuu 1800-luvun taitteeseen, jolloin Alessandro Volta esitteli "Voltan pinon" (kuva 6). Tämä kupari-sinkkiparien muodostama rakenne loi perustan nykyaikaisille sähkökemiallisille akuille. Akussa katodi (Voltan pinossa kupari), anodi (sinkki) ja elektrolyytti (suolaliuos) muodostavat järjestelmän, jossa ionit liikkuvat elektrolyytin läpi ja elektronit ulkoista virtapiiriä pitkin (Oja, 2025, s. 110). Vaikka materiaalit ja valmistustekniikat ovat kehittyneet merkittävästi, on akkujen perusperiaate pysynyt lähes samana.

Voltaic Pile (Early Battery)



KUVA 6. Periaatekuva sähkökemiallisten akkujen toiminnasta (kuva tehty ChatGPT 5.2:lla, tekijä: Joonas Rukajärvi, 2025).

Nykyisin yleisin akkutyyppe on litiumioniakku, joka saa nimensä katodimateriaalina käytetyistä litiumyhdisteistä (International Energy Agency, 2023b). Taulukossa 2 on esimerkkejä erilaisista akkukemioista. Anodi valmistetaan pääsääntöisesti grafiitista ja elektrolyytinä toimii nestemäinen tai geelimäinen litiumsuolaliuos. Katodimateriaalien koostumusta muokkaamalla voidaan akun ominaisuuksia optimoida: nikkeli nostaa

energiatiheyttä, mangaani parantaa stabiilisuutta ja koboltti lisää johtavuutta ja käyttöikä (International Energy Agency, 2023a; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021).

TAULUKKO 2. Esimerkkejä erilaisista akkukemioista (mukailtu lähteestä Battery University, n.d.).

Katodi	Alkaaliakku	<i>Litiumrauta-disulfidi</i>	<i>Litium-tionyyli-kloridi</i>	<i>Litium-magnaani-dioksidi</i>	Lithium rikkioksidi
Energia-tiheys	200 Wh/kg	300 Wh/kg	500 Wh/kg	280 Wh/kg	330 Wh/kg
Toiminta-lämpötila	0°C–60°C	0°C–60°C	-55°C–85°C	-30°C–60°C	-54°C–71°C
Käyttö	Kuluttaja laitteet	Kuluttaja-laitteet -> korvaa alkaliakkuja	Teollisuus, ei kuluttaja-käyttöön	Ulkona säilytettävät laitteet	Korvaa - > <i>LiMnO₂</i>

Sähköverkon näkökulmasta akkujen keskeinen etu on niiden erittäin nopea vasteaika. Se tekee niistä houkuttelevan ratkaisun vuorokauden sisäisten tuotanto- ja kulutusvaihtelujen tasapainottamiseen. (International Energy Agency, 2023a; Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021.) Akkujen käyttö kasvaa nopeasti myös kotitalouksissa, liikenteessä ja teollisuuden varavoimana. Tämä on nostattanut keskustelua pientuottajien mahdollisuudesta osallistua omien akkujen myötä sähkömarkkinoille. Erityisesti sähköautoissa on käytössä kokoluokaltaan sähkömarkkinoille osallistumiseen mahdollistavia akkuja.

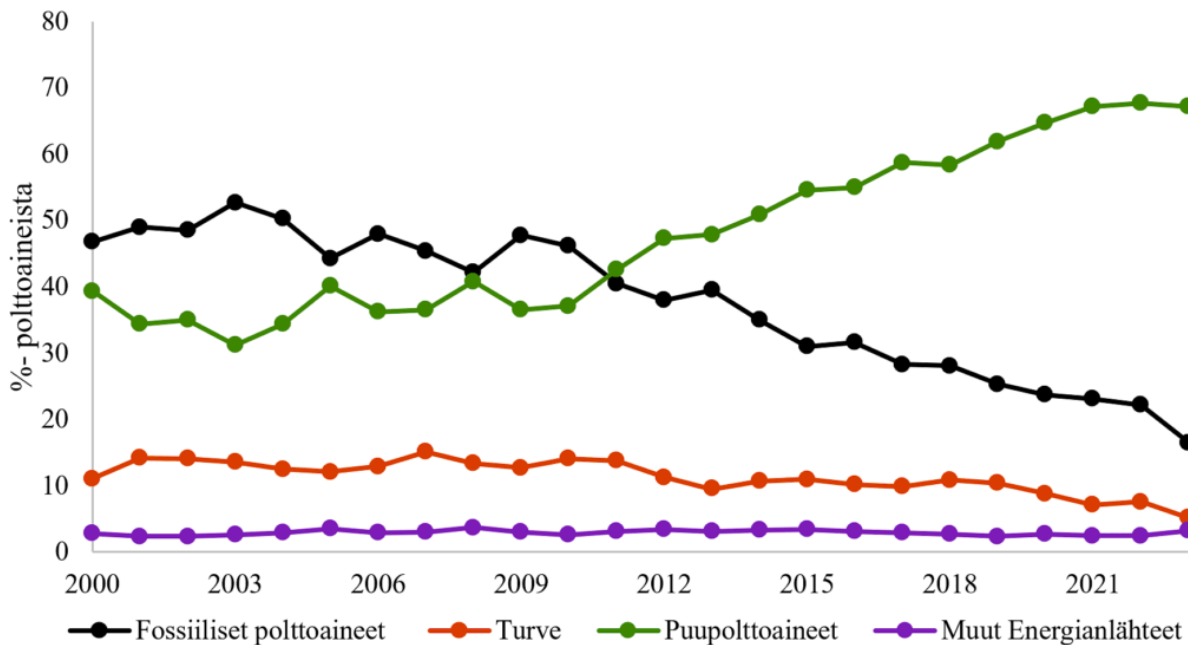
Akkuteknologioihin liittyy kuitenkin myös haasteita. Mineraalien louhinta aiheuttaa ympäristövaikutuksia, ja raaka-aineiden epätasainen jakautuminen (British Geological Survey, 2024) lisää toimitusketjujen haavoittuvuutta. Tämän vuoksi vaihtoehtoisia kemioita, kuten suola-akkuja (ks. esim. Mattila & Nuortimo, 2025), kehitetään aktiivisesti. Suola-akut soveltuvat erityisesti kylmiin olosuhteisiin ja suola on materiaalina edullisempi litiumioniakuihin verrattuna. Tämä on yksi syy siihen, miksi myös suuret litiumakkutoimittajat, kuten CATL, panostavat natriumteknologiaan (Ferrell, 2025a).

Toinen merkittävä tutkimussuunta on kiinteäelektrolyyttisten (solid-state) akkujen kehittäminen. Kiinteä elektrolyytti ratkaisisi nestemäisten elektrolyyttien ongelmia, kuten dendriittikasvua ja lämpötilaherkkyttä, jotka käytössä heikentävät akun toimintaa. Teknologia on vielä kehitysvaiheessa, mutta esimerkiksi Nissanin markkinoimassa

esisarjan ajoneuvoissa on saavutettu yli 700 kilometrin ajomatkoja yhdellä latauksella (Ferrell, 2025b).

Pitkäaikaset kausivarastot

Kausittaisen energiantarpeen tasapainottamiseksi on perinteisesti hyödynnetty polttoaineita, erityisesti fossiilista öljyä. Sen etuina ovat olleet helppo ja pitkäaikainen varastoitavuus, pienet varastointihäviöt ja monikäyttöisyys erilaisissa polttomoottoreissa ja lämpöjärjestelmissä. Fossiilisten polttoaineiden keskeinen ongelma on kuitenkin niiden aiheuttama negatiivinen ympäristövaikutus (Lak ym., 2024). Suomessa energiantuotanto on jo pitkään siirtynyt kohti uusiutuvaa puuperäisiä polttoaineita, kuten metsähaketta ja teollisuuden sivuvirroista syntyviä jakeita (kuva 7).



KUVA 7. Polttoaineiden osuus sähkön- ja lämmöntuotannosta Suomessa 2000–2023 (Tilastokeskus, 2024).

Metsät ovat luonnollisia kausivarastoja, joissa auringon energia on sitoutuneena biomassaan. Energiantuotannossa käytetty puuhake ei tyypillisesti ole suoraan metsistä kaadettua, vaan sahateollisuuden sivutuotetta. Puun kasvatuksella sidotaan hiilidioksidia ja vahvistetaan energiaomavaraisuutta. Puu soveltuu myös lämmöntuotantoon, mikä on keskeistä pohjoisissa oloissa, sillä täysi siirtyminen sähkölämmitykseen kasvattaisi sähköverkon talvikuormaa ja edellyttäisi huomattavia investointeja sähköverkon vahvistamiseen. Lisäksi kaukolämpöverkot toimivat itsessään lämpöenergian varastoina.

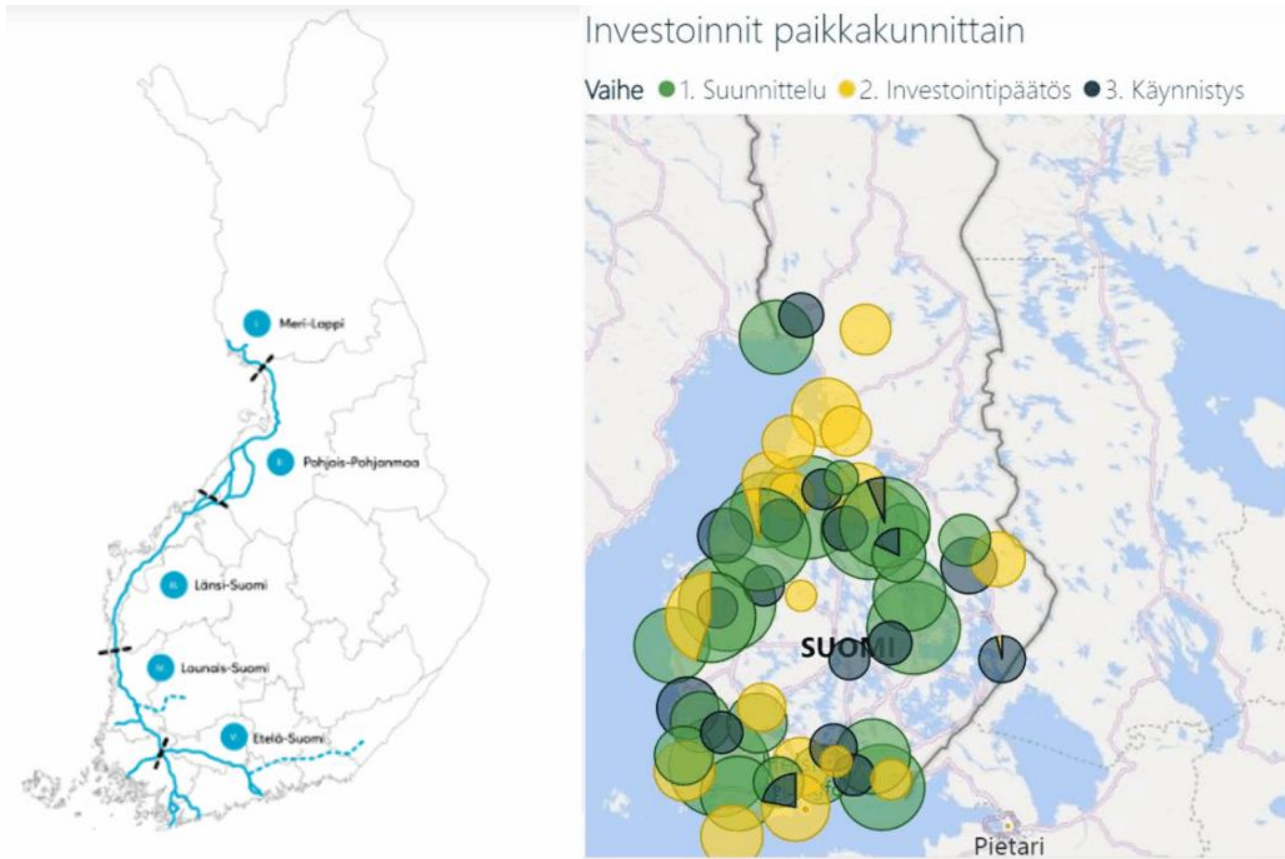
Metsät ovat kuitenkin koti monille eläimille, kasveille ja eliöille, jotka tarvitsevat eri-ikäisiä metsärakenteita, joita talousmetsät eivät aina pysty tarjoamaan (Koskela ym., 2007). Siksi kehitetään myös synteettisiä ja kiertotalouspohjaisia polttoaineita. Kiertotalouspolttoaineet, kuten pyrolyysiöljyt, tarjoavat reitin muuttaa muovijätteitä ja biomassoja öljyn kaltaiseksi monikäyttöiseksi energiavarastoksi.

Synteettisiä polttoaineita voidaan tuottaa yhdistämällä vetyä ja hiilidioksidia kemiallisissa prosesseissa, jolloin muodostuu metaania (Bergerson & Smith, 2020). Metaani on yleisesti käytetty polttoaine ja tekniikka sen ympärillä hyvin vakiintunutta. Euroopassa metaanin kuljettamiseksi on laajoja kaasuverkkoja ja Etelä-Suomestakin löytyy Gasgridin tarjoamia putkiyhteyksiä. (Ks. esim. Mattila & Palojärvi, 2025.)

Kaasuputkistoa voidaan pitää laajana energiavarastona, jonka kapasiteetti on riippuvainen putken poikkipinta-alasta, pituudesta, lämpötilasta, kaasun puhtaudesta ja käyttöpaineesta. Havainnollistavana esimerkkinä voidaan arvioida yksinkertaistaen, kuinka paljon tehoa mahtuisi metrin sisähalkaisijan kaasuputkeen Tornion ja Helsingin välillä noin 700 kilometrin matkalle. Oletetaan kaasu puhtaaksi. Putken tilavuus olisi tällöin noin 2,2 miljoonaa kuutiometriä, ja putkessa vallitsisi ilmanpaine ja olisi 20°C lämpötila. Jos putki olisi täynnä metaania, olisi tehosisältö noin 27 GWh. Samalla paineella vetyä sisältävä putki varastoisii tehoa noin 6,5 GWh. 50 barin siirtopaineella tehomäärät olisivat vajaa 50 kertaa suuremmat molemmilla kaasuilla.

Vedyllä on massayksikköä kohti erittäin korkea energiatiheys (33–40 kWh/kg), mutta kaasuna sen tilavuuskohtainen energiatiheys on hyvin pieni (3 kWh/m³). Metaani puolestaan tarjoaa huomattavasti suuremman energiatheyden tilavuutta kohti, mikä tekee siitä tehokkaan varastointikandidaatin kaasuputkissa. Kaasuja on myös mahdollista nesteyttää. Tällöin vety on energiasisällöllisesti tehokkaampi kuin metaani. Nesteyttäminen edellytetään korkeita paineita tai erittäin matalia lämpötiloja, jotka tuovat materiaalisia haasteita ja kasvattavat kustannuksia (Fang ym., 2007).

Suomessa Gasgrid suunnittelee laajaa kaasuverkkoa. Alustavasti putki kulkisi esimerkkilaskelman mukaisesti Tornioista Etelä-Suomeen länsirantaa pitkin (kuva 8). (Gasgrid, 2025.) Näin Suomi yhdistettäisiin Euroopan kaasumarkkinoille kahdesta suunnasta, Ruotsista ja Virosta.



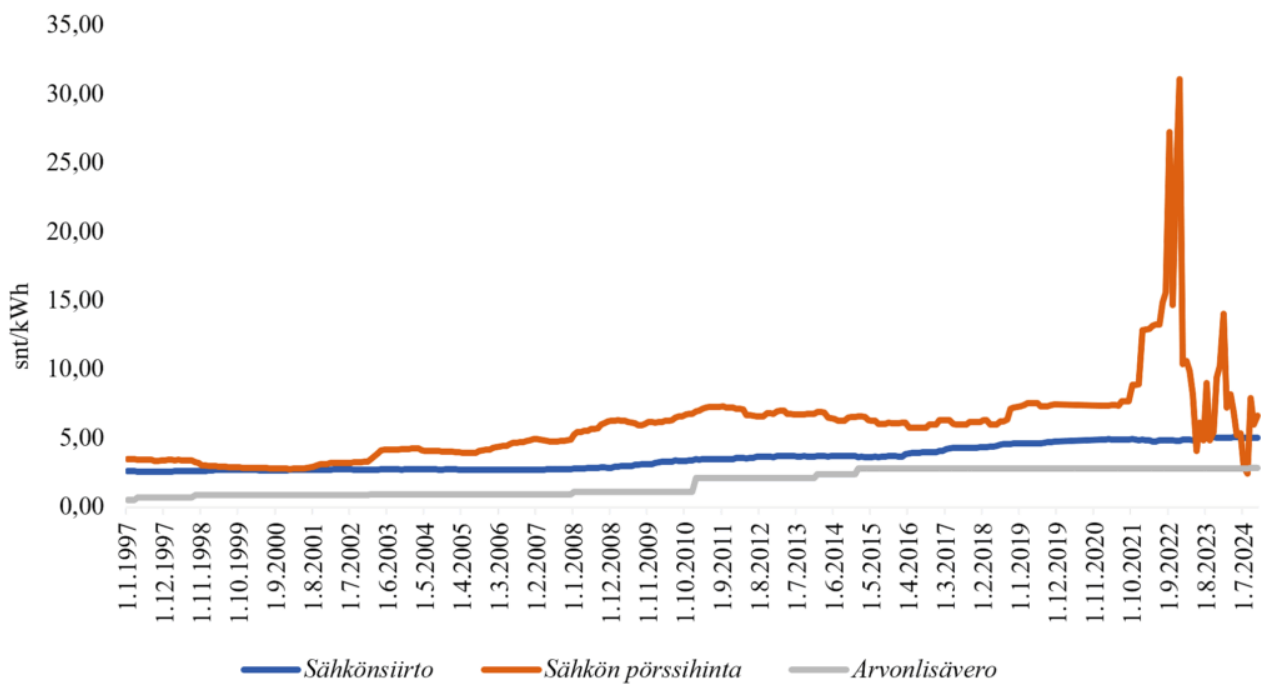
KUVA 8. Vasemmalla Gasgridin vedyn siirtoverkon reittisuunnitelma ympäristövaikutusten arviointivaiheessa (Gasgrid, 2025). Oikealla suunnitteilla olevat, investointipäätöksen saaneet ja käynnissä olevat biokaasulaitokset (Elinkeinoelämän keskusliitto 2025; Suomen biokierto & biokaasu ry 2023).

Putken täyttäminen metaanilla toisi synergiaetua maatalouden kanssa, jota putken varrelle on suunniteltu runsaasti (kuva 8). Biokaasulaitoksilla tuotettua metaania voitaisiin siirtää kaasuverkon avulla. Laajamittainen kaasuputkisto toimisi siirtojärjestelmänä Euroopan kaasumarkkinoille sekä energiavarastona, jonka kapasiteetti kasvaisi lineaarisesti putkistoon liitettävien säiliöiden, putkiston pituuden ja poikkipinta-alan mukaan putkihaarojen lisääntyessä.

Metaanin käytön ilmastovaikutusten pienentämiseksi voitaisiin se muuntaa vedyksi ja kiinteäksi hiileksi siirron jälkeen juuri ennen sähkön tai lämmön tuotantoa. Tämä voitaisiin tehdä oululaisen innovaation avulla, jota Hycomite vie maailmalle. Yritys pilkkoo lämmön avulla metaanin vedyksi ja kiinteäksi hiileksi. Hiilestä voidaan valmistaa muun muassa grafiittia akkujen anodiksi (Malkamäki., 2026).

Energian varastointi tulevaisuudessa Suomessa

Suomen energiajärjestelmän tulevaisuutta tarkasteltaessa yksi keskeinen opetus nousee esiin viime vuosien kehityksestä: energiariippuvuuden riskit konkretisoituvat vasta kriisin hetkellä. Venäjän hyökkäyssodan alettua sähkön markkinahinta nousi Suomessa ja Euroopassa lyhyessä ajassa moninkertaiseksi (kuva 9). Hintapiikki ei ollut vain markkinahäiriö, vaan osoitus siitä, kuinka riippuvainen energiajärjestelmä oli ulkoisista tuotantolähteistä.



KUVA 9. Sähkön hinnan kehitys 1997–2024 (Energiateollisuus, 2025).

Suomessa omavaraisen energiajärjestelmän kokoaminen ei ole yksinkertaista. Haasteita tuovat ennen kaikkea pohjoisen sijainnin aiheuttama energiantarpeen voimakas vuodenaikaisvaihtelu sekä suhteellisen tasainen maasto (vrt. Norja). Suomessa puu on merkittävä kotimainen raaka-aine ja luonnollinen energiavarasto. Sen rooli energiajärjestelmässä perustuu pääosin teollisuuden sivuvirtoihin eikä ensisijaiseen energiantuotantoon. Metsäteollisuuden sivutuotteet tukevat erityisesti lämmöntuotannon energiaomavaraisuutta (Motiva, 2024).

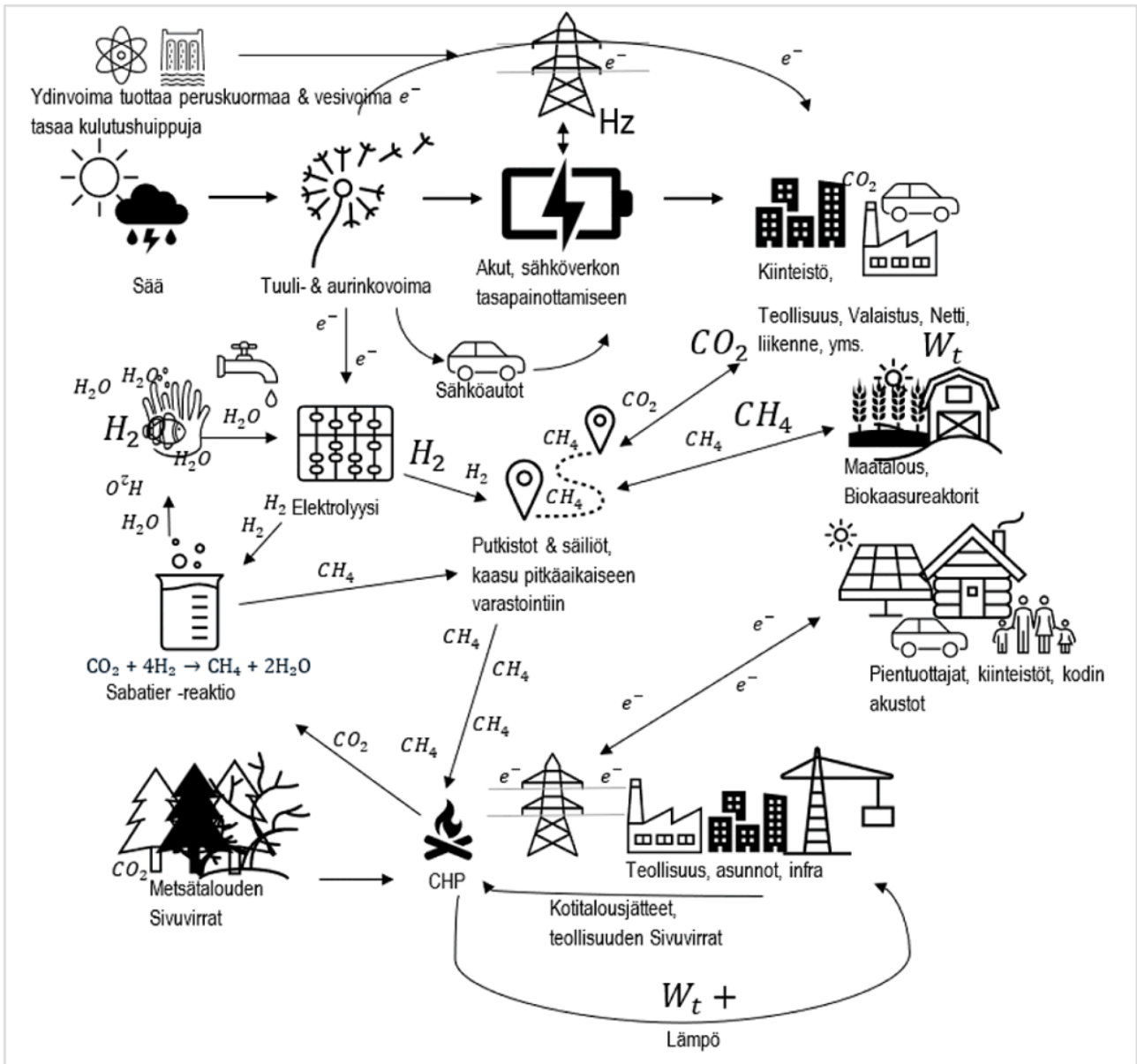
Lisäksi tuotettua ylimäärälämpöä on yksinkertaista sitoa veteen, mutta veden kiehuminen asettaa rajoitteen korkeampien lämpötilojen varastoinniseksi. Polar Night Energy on kehittänyt tähän ratkaisuksi hiekka-akun. Hiekkaan voidaan varastoida huomattavasti korkeampia lämpötiloja kuin veteen, ja kiinteään materiaaliin perustuva varastointi on rakenteellisesti yksinkertaista ja pitkäikäistä (Polar Night Energy, 2023). Korkeat

varastointilämpötilat mahdollistavat lämpöenergian hyödyntämisen muun muassa höyryn tuottamisessa tai sähköntuotannossa (ks. myös Mattila & Nuortimo, 2025).

Sähkökemialliset akut ovat vakiinnuttaneet asemansa lyhytaikaisina varastoina. Akkuja käytetään laajasta pienelektroniikasta sähköverkon tasapainottamiseen. Suomessa viileä ilmasto vähentää akkujen ylikuumenemisriskiä. Akkuja voidaan pitää ennen kaikkea sähköjärjestelmän nopeina säätöresursseina, ei talvikuukausien kausienergiavarastoina (International Energy Agency, 2023a).

Pitkän aikavälin tuotetun energian varastointiin ei ole tällä hetkellä ole yhtä hyvää ratkaisua. Kaasuverkko tuo synergiaetuja maataloustoimijoiden energian tuotantoon. Lisäksi yhdistämällä tuulivoimalla tuotettu vety teollisuudesta talteen otettuun hiilidioksidiin voidaan valmistaa synteettistä metaania, joka soveltuu hyvin tunnettuun kaasuinfrastruktuuriin ja toimii samalla kausivarastona. (Ks. myös Mattila & Palojärvi, 2025.)

Suomen energiajärjestelmä ei toimi yhden teknologian tai yhden energianlähteen varassa, vaan useiden järjestelmien rinnakkaisina toimintoina. Suoraan muualta kopioimalla ei saada optimoitua järjestelmää Suomen olosuhteisiin sopivaksi. Parhaita käytänteitä voidaan kartoittaa, mutta käytännössä kansalliset ja alueelliset energiajärjestelmät vaativat kuitenkin käytänteiden muotoilua paikallisiin olosuhteisiin sopiviksi. Energian osalta on tärkeää tarkastella kokonaisuutta ja kehittää kokonaisvaltaisesti tuotantoon, kulutukseen ja siirtoon liittyvää optimointia (ks. myös Mattila & Nuortimo, 2025). Tähän tarvitaan integroitua järjestelmää, jossa eri sektorit tukevat toisiaan ja hyödynnetään niin pieniä kuin suuria voimantuottajia (kuva 10).



KUVA 10. Ajatuskartta energian tuotannosta (kuva: Joonas Rukajärvi, 2025).

Kriiseistä riippumatta Suomen kaltaiselle maalle on tärkeää ylläpitää vahvat sähkön siirtoyhteydet naapurimaihin, kuten Norjaan, Ruotsiin ja Euroopan markkinoille. Rajasiirtoyhteydet mahdollistavat naapurimaiden tuotannon hyödyntämisen alueellisten vaihteluiden tasapainottamisessa silloin, kun kotimainen tuotanto ei yksin riitä. Tällöin energian varastona toimii kapasiteetti, jolla sähköä ja lämpöä voidaan tuottaa.

Joonas Rukajärvi

projektiasiantuntija/EKOENERGIA-hanke

TKI-yksikkö/Vähähiilisyys-painoala

Oulun ammattikorkeakoulu

Tiina Mattila

projektipäällikkö/EKOENERGIA-hanke

TKI-yksikkö/Vähähiilisyys-painoala

Oulun ammattikorkeakoulu

[EKOENERGIA-hanke](#)

Tavoite: Hankkeen tavoitteena on luoda toimintamalli maaseudun hybridiin, paikallisesti keskitettyyn energian tuotantoon, jakeluun, varastointiin ja käyttöön. Maaseudun hybridissä uusiutuvan energian toimintamallissa keskitytään erityisesti biokaasuun, aurinkoenergiaan ja tuulivoimaan sekä näiden yhteensovittamiseen.

Kesto: 1.9.2023–28.2.2027

Rahoittajat: Euroopan Unionin osarahoittama. Rahoituksen on myöntänyt Pohjois-Pohjanmaan liitto.

Koordinaattori: Haapaveden-Siikalatvan seudun kuntayhtymä

Osatoteuttaja: Oulun ammattikorkeakoulu

[Kaikki hankkeen julkaisut Oamk Journalissa](#)

Lähteet

Battery University. (n.d.). *BU-106a: Choices of primary batteries*.

<https://www.batteryuniversity.com/article/bu-106a-choices-of-primary-batteries/>

Bergerson, J. A., & Smith, M. A. L. (2020). Assessing the lifecycle emissions of synthetic fuels. *Journal of Cleaner Production*, 268, 122088.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122088>

British Geological Survey. (2024). *Global lithium mines, deposits and occurrences map*.

<https://www.bgs.ac.uk/mineralsuk/download/global-lithium-mines-deposits-and-occurrences-map/>

Demirel, Y. (2021). *Energy: Production, conversion, storage, conservation, and coupling (green energy and technology)* (3. p.). Springer.

Elinkeinoelämän keskusliitto. (2025). *Suomen vihreät investoinnit* [dataikkuna].

<https://ek.fi/tutkittua-tietoa/vihreat-investoinnit/>

Energiateollisuus. (11.12.2025). *Sähköntuotanto maakunnittain 2007–2024* (Excel).

<https://energia.fi/tilastot/sahkotilastot/sahkontuotanto-ja-kaytto/>

European Commission, Artelys, Enerdata, & Trinomics. (2020). *Study on energy storage – Contribution to the security of the electricity supply in Europe*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2833/077257>

Fang, Z., Lu, J., & Sohn, H. Y. (2007). *Hydrogen storage materials based on N-containing material systems* (Paper 203a). AIChE Annual Meeting, Conference Proceedings.

Ferrell, M. (2025a). *How CATL made batteries 90% cheaper (and what happens next)* (video). Undecided with Matt Ferrell. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=Wf84NJSiAeU>

Ferrell, M. (2025b). *How close are we to solid-state batteries?* (video). Undecided with Matt Ferrell. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=uspSYVssGXU>

Fingrid. (2023a). *Tasepalvelut*. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/tasepalvelut/>

Fingrid. (2023b). *Varttitase eli 15 minuutin taseselvitysjakso*.

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/markkinoiden-yhtenaisyyss/pohjoismainen-tasehallinta/varttitase/>

Fingrid. (2023c). *Suomen sähköntuotannon rakenteet ja peruskuormaa tuottavat voimalaitokset*. <https://www.fingrid.fi>

Gasgrid Finland. (12.8.2025). *Vedyn siirtoverkon reittisuunnitelma tarkentui*.

<https://gasgrid.fi/2025/08/12/vedyn-siirtoverkon-reittisuunnitelma-tarkentui/>

Gohd, C. (2025a). *Dark energy*. NASA's Jet Propulsion Laboratory.

<https://science.nasa.gov/dark-energy/>

Gohd, C. (2025b). *What is dark matter?* NASA Jet Propulsion Laboratory.

<https://science.nasa.gov/dark-matter/>

Ilmatieteen laitos. (n.d). *Kuukausitilastot*. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/kuukausitilastot>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate change 2021: The physical science basis*. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>

International Energy Agency. (2021). *Hydropower special market report: Analysis and forecast to 2030*. <https://www.iea.org/reports/hydropower-special-market-report>

International Energy Agency. (2022a). *Electricity market report 2022*. <https://www.iea.org/reports/electricity-market-report-january-2022>

International Energy Agency. (2022b). *Energy storage – Tracking clean energy progress*. <https://www.iea.org/reports/energy-storage>

International Energy Agency. (2023a). *World energy outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>

International Energy Agency. (2023b). *Grid-scale storage*. <https://www.iea.org/energy-system/electricity/grid-scale-storage>

Koskela, E., Ollikainen, M., & Pukkala, T. (2007). Biodiversity conservation in commercial boreal forestry: The optimal rotation age and retention tree volume. *Forest Science*, 53(3), 443–452. <https://doi.org/10.1093/forestscience/53.3.443>

Kytönen, P. (2026). *Tuulivoima Suomessa – nykytilanne, vaikutukset ja ennusteet*. Energy Brokers Finland. Haettu 27.2.2026 osoitteesta <https://www.kilpailuttaja.fi/blogi/tuulivoima-suomessa–nykytilanne-vaikutukset-ja-ennusteet>

Lak, S. Z., Rezaei, J., & Rahimpour, M. R. (2024). Health and pollution challenges of fossil fuels utilization. *Encyclopedia of Renewable Energy, Sustainability and the Environment*, 1, 155–166. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-93940-9.00202-4>

Leisti, T. (16.11.2024). ”Järvi on meidän kaikkien helmi” – pumppuvoimalat huolettavat kemijärveläisiä, mutta verotulot kiinnostavat. *Yle*. <https://yle.fi/a/74-20124923>

Malkamäki, M. (2026). *Hycamite, from the lab at UniOulu to the global markets* [esitys]. Hydrogen Research Day, 10.2.2026, Oulun yliopisto, Oulu. <https://nordichydrogenweek.expomark.fi/research-day/>

Mattila, T., & Nuortimo, K. (2025). Maaseutualueiden hybridiratkaisut ja monienergiaoptimointi valtakunnallisesti hajautetussa, paikallisesti keskitetyssä

energiantuotannossa. *Oamk Journal*, (89). Oulun ammattikorkeakoulu.

<http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2025061668543>

Mattila, T. & Palojärvi, J. (2025). Biokaasusta kasvuun: yhteistyöllä, ekosysteemeillä ja jalostuksella kohti arvonlisää. *Oamk Journal*, (100). Oulun ammattikorkeakoulu.

<http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe2025082083584>

Mattila, T., Palojärvi, J., Pelo, J. & Mattila, P. (2025). Aurinkovoiman nykytilanne ja kehitysnäkymät Suomessa. *Oamk Journal*, (165). Oulun ammattikorkeakoulu.

<http://urn.fi/urn:nbn:fi-fe20251210117004>

Motiva. (2024). *Bioenergian käyttö*. <https://www.motiva.fi/tietopankki/bioenergia-suomessa/>

Oja, H. (2025). *Fysiikan sankareita viideltä vuosisadalta*. Ursa ry.

Polar Night Energy. (2025). *Sand battery*. <https://polarnightenergy.com/sand-battery/>

Sahi, V. (2018). *Tunnetaanko vesivoiman luontovaikutukset?* (Vesitalous 6/2018). Suomen luonnonsuojeluliitto. <https://www.ekoenergy.org/wp-content/uploads/Article-for-Finnish-version-Freshabit-Vesitalous-2018-6-Tunnetaanko-Vesivoiman-Luontovaikutukset.pdf>

Smil, V. (2017). *Energy and civilization: A history*. MIT Press.

<https://doi.org/10.7551/mitpress/10752.001.0001>

Suomen biokierto ja biokaasu ry. (n.d.). *Biokaasun tuotanto*.

<https://biokierto.fi/biokaasu/tuotanto/>

Tieteen termipankki. (3.12.2025). *Tähtitiede: energia*. Haettu 3.12.2025 osoitteesta

<https://tieteentermipankki.fi/wiki/Tähtitiede:energia>

Tilastokeskus. (2024). *13j5 – Sähkön ja lämmön tuotanto tuotantomuodoittain ja polttoaineittain, 2000–2024*.

https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_salatuo/statfin_salatuo_pxt_13j5.px/

Ukkonen, R. (16.11.2025). Pyhäsalmen kaivos – hetki ennen loppua. *Yle*.

<https://yle.fi/a/74-20189483>

Valero, A., Valero, A., & Guiomar, C. (2023). Entropy. Teoksessa *Elagar Eyclopedia of Ecological Economies* (s. 188–190). Edward Elgar Publishing.

<https://doi.org/10.4337/9781802200416.ch31>