

Hiilineutraali-webinaari, tiistaina 21.1. klo 15-16

Tuuli- ja aurinkovoiman kasvun trendit ja vaikutukset sähköjärjestelmään

Tomi J. Lindroos, Tomi.J.Lindroos@vtt.fi

#REPowerCEST
@hiilineutraali



Uusiutuvan tuotannon integroinnin vaiheet

Vaihe 1: Ei merkittävää vaikutusta järjestelmään

Vaihe 2: Pieni tai kohtalainen vaikutus, kuten säätävän tuotannon lisääntyvä tarve. Pohjoismaissa pääasiassa vesivoima ja rajasiirrot hoitaneet.

Vaihe 3: Vaihteleva tuotanto määrittää järjestelmän operaatiota lisäten nettokulutuksen vaihtelua ja edellyttäen lisää joustavaa tuotantoa ja kulutusta.

Vaihe 4: Vaihteleva tuotanto pystyisi hetkittäin kattamaan kaiken kulutuksen -> Kuinka järjestelmä vastaa yhä kasvavaan vaihtelevuuteen? Mitä tarvitaan jotta vaihe 4 mahdollinen?

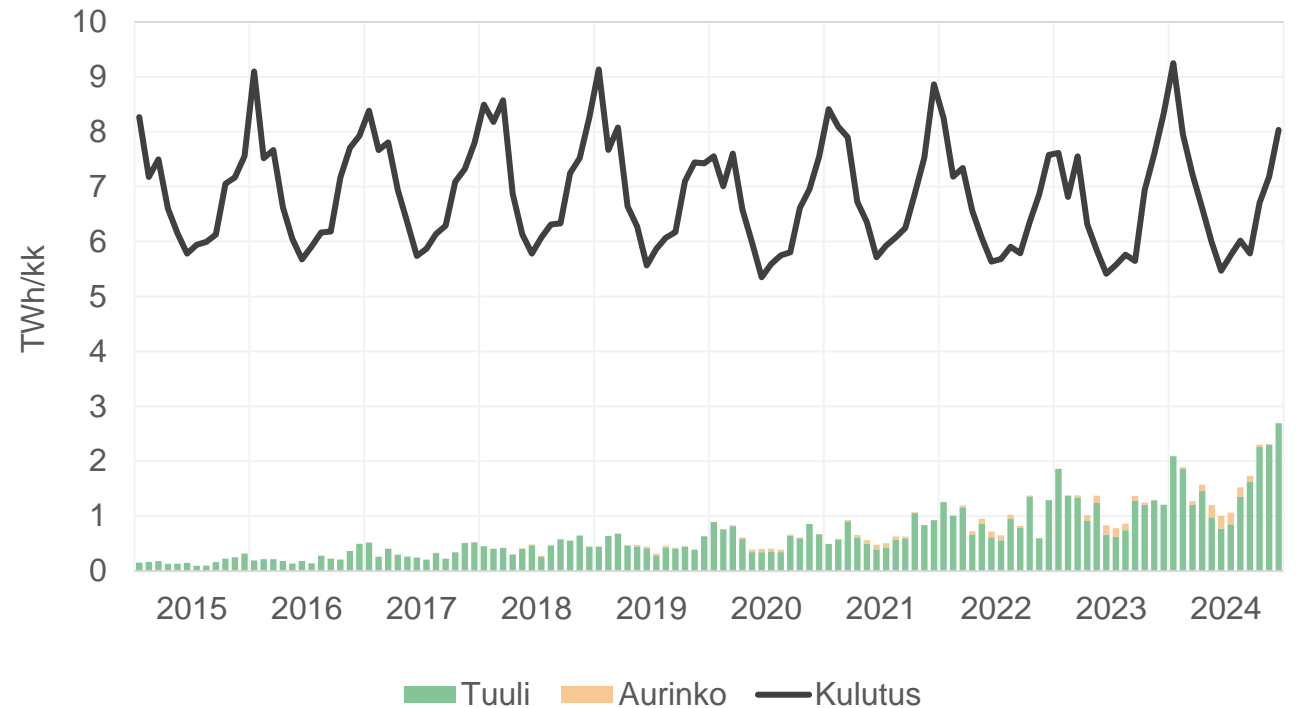
Vaihe 5: Merkittävää tuulen ja auringon ylijäämää ympäri vuoden -> Kuinka voidaan varastoida ja hyödyntää taloudellisesti? Miten voisi kannattaa sekä tuottajalle että kuluttajalle?

Vaihe 6: Vaihteleva tuotanto vastaa melkein kaikesta tuotannosta -> Pitkien aikavälien vaihtelut kriittisiä, kuten kuivat tai vähätuuliset vuodet.

<https://www.iea.org/reports/integrating-solar-and-wind/infographic-six-phases-of-variable-renewables-integration>

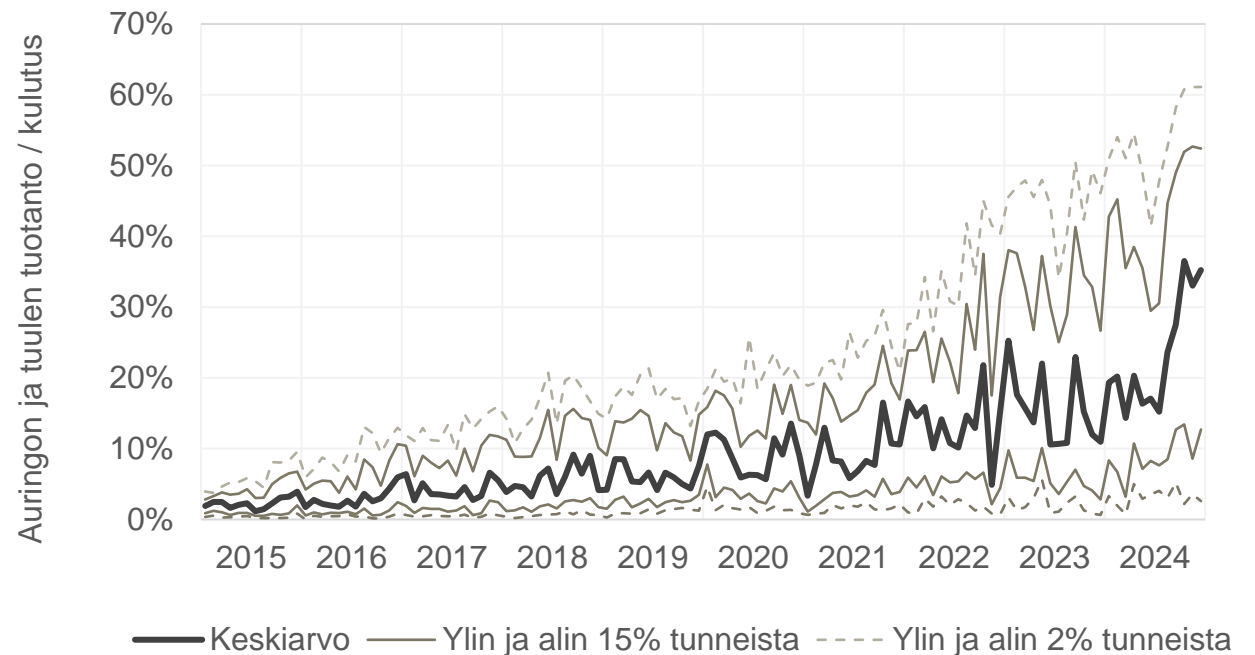
Aurinko- ja tuulivoiman osuus nopeassa kasvussa

- Tuuli- ja aurinkovoiman osuus tuotannosta on kasvanut nopeasti viimeisen 10 vuoden aikana
- 2024 valmistui 1.4 GW tuulivoimaa (8.4 GW yhteensä), 2025 alussa rakenteilla on 1.1 GW, luvitettu ja kaavoitettu on 6 GW. YVA-vaiheissa on ~30 GW.
- Fingridin arvion mukaan Suomessa oli 1.1 GW aurinkovoimaa 2024 lopussa. 2025 aikana valmistunee ~700 MW suuria aurinkopuistoja ja pienkuluttajien asennukset, yhteensä melkein 1 GW?
- Taloudellinen epävarmuus hidastanut kehitystä aiemmista arvioista



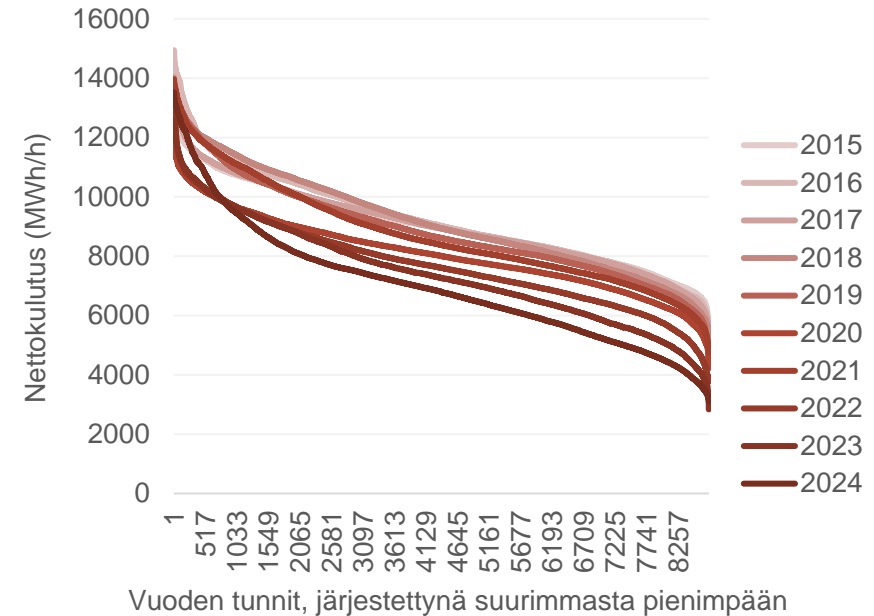
Tuntitasolla jo erittäin merkittäviä osuuksia

- 2024 loppu ollut erittäin tuulinen ja 1/50 tunneista tuulen ja auringon osuus ollut yli 60% kulutuksesta
- Suomessa suuri osuus ydinvoimaa ja CHP-tuotantoa, joten tuonnilla ja viennillä on ollut erittäin keskeinen rooli järjestelmän tasapainottamisessa
- Suomi siirtynyt uusiutuvien integroinnin 3. vaiheeseen vuosien 2021-2023 aikana, mutta korona ja sota vienyt huomiota muualle. Uusiutuvien vaihtelu muokannut merkittävästi järjestelmää vuosien 2023 ja 2024 aikana.



Laskeva keskihinta, kasvava vaihtelu

- Lisääntyvä tuuli- ja aurinkovoima laskee keskimääräistä nettokulutusta ja matalinta nettokulutusta, mutta ei juuri vaikuta korkeimpaan nettokulutukseen.
- Marginaalikustannuksiltaan kalliimpi tuotanto käy yhä harvempina tunteina -> laskeva keskihinta
- Toisaalta käynnistyskustannukset ja muut säädön kustannukset johtavat kalliisiin yksittäisiin tunteihin. Viime vuosina osasyinä myös vikaantumiset.
- 2024 noin 700 tuntina oli negatiivinen sähkön pörssihinta ja noin 200 tuntina hinta oli yli 200 €/MWh

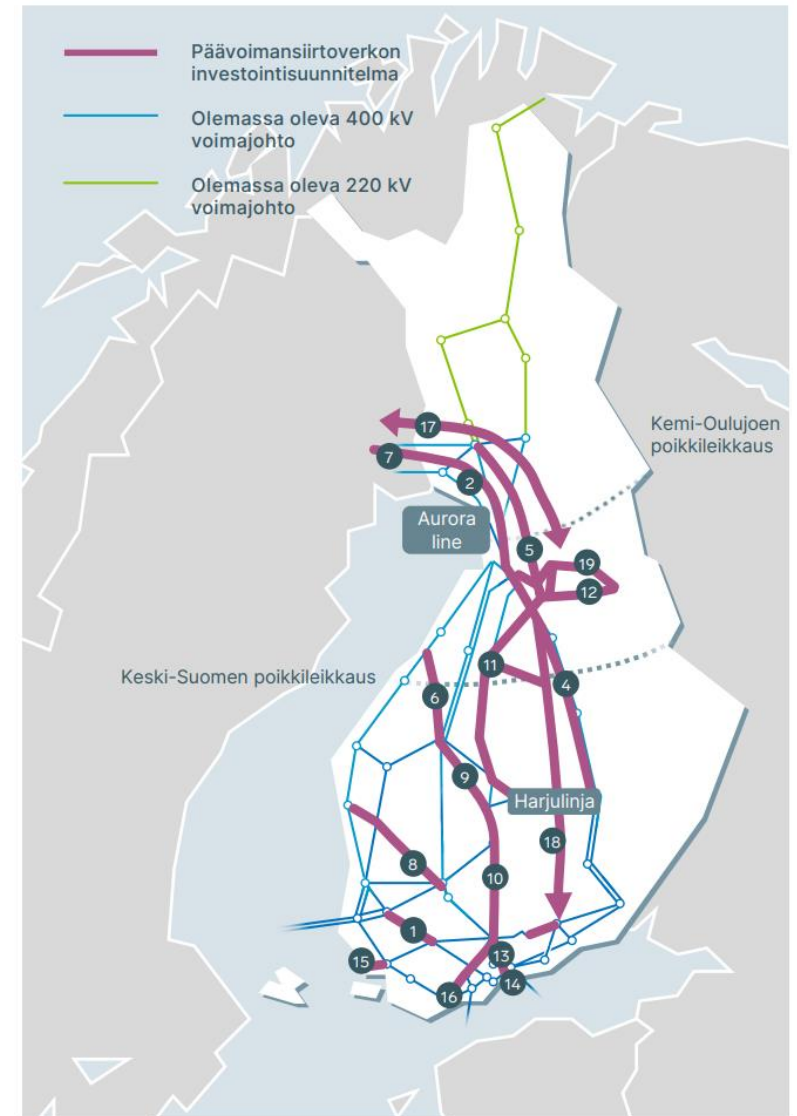


	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Tunteja jolloin negatiivinen hinta	0	0	0	0	0	9	5	27	456	725
Arvio negatiivisten tuntien arvosta* (M€)	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.2	9.3	10.1
Tunteja jolloin hinta yli 200 €/MWh	0	2	0	12	0	3	342	2549	117	178
Keskihinta (€/MWh)	30	32	33	47	44	28	72	154	57	46

* Arvo on laskettu yksinkertaistetusti kertomalla kulutus hinnalla

Rajasiirtokapasiteetti kasvaa selvästi hitaammin

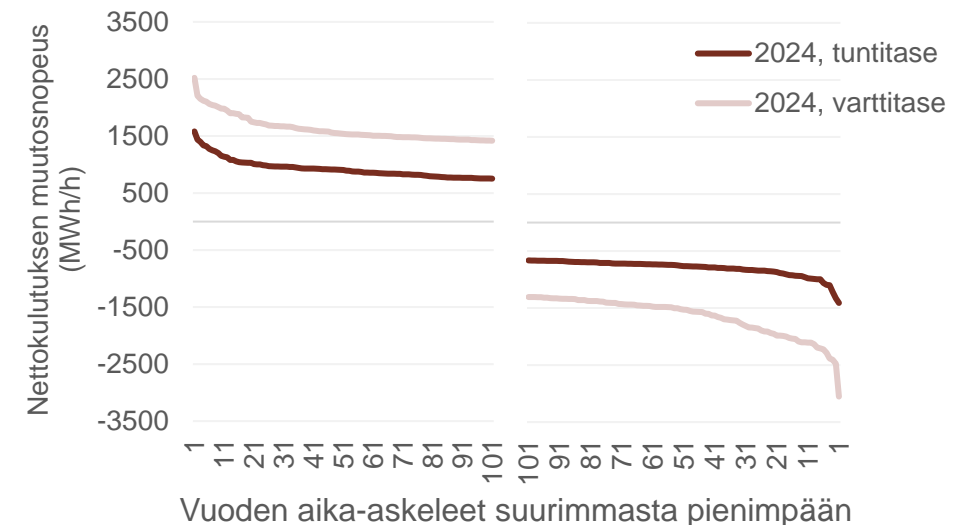
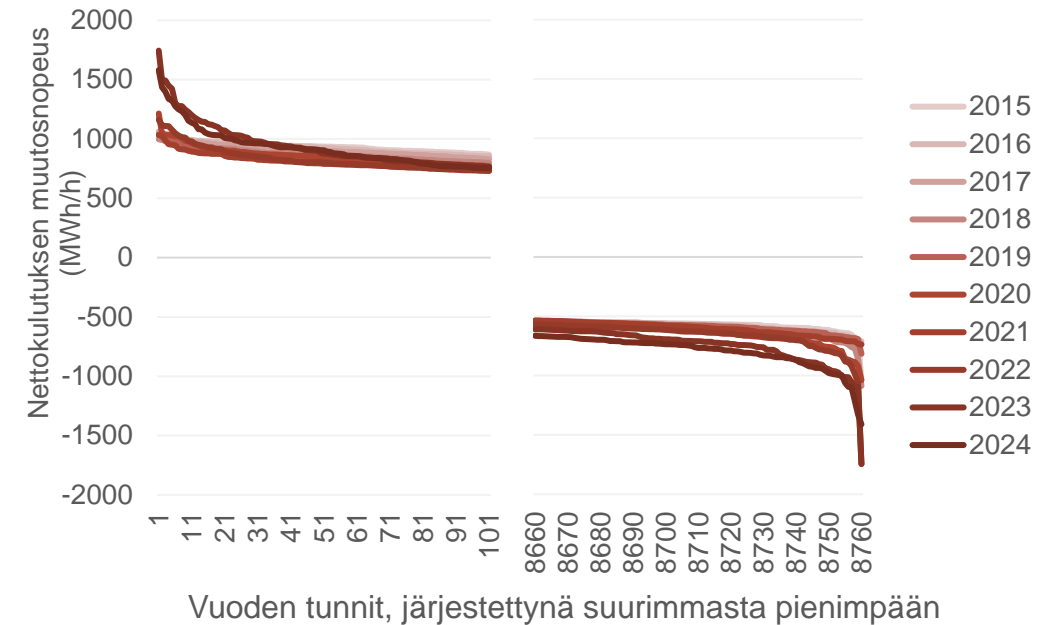
- Fingridin investointisuunnitelma kantaverkkoon on noin 4 Mrd € vuosien 2024-2033 aikana.
- Merkittäviä verkonvahvistuksia Pohjois-Eteläsuunnassa Suomen sisällä. Fingridin tavoitteena pitää Suomi yhtenä hinta-alueena
- Tavoitteena lisätä rajasiirtokapasiteettia nykyiseltä ~3.5 GW tasolta noin 4.3 GW:iin vuonna 2026 ja noin 5 GW:iin vuonna 2031. Uudet investoinnit erittäin hitaita.
- Vaihtelevan tuotannon määrä kasvaa huomattavasti rajasiirtokapasiteettia nopeammin -> Suomi joutuu sopeutumaan vaihtelevaan tuotantoon ja ratkaisemaan ongelmat yhä enemmän itse. Muualla Euroopassa vastaava tilanne.



Fingrid; Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024-2033

Nopeasti säätävää kapasiteettia tarvitaan

- Laitokset joutuvat säätämään tuotantotehoaan yhä useammin tai hyväksymään tappiollisen tuotannon negatiivisten hintojen aikaan (ydinvoima, CHP jos tuotettava lämpökuormaa, vesivoima jos minimijuoksutuksia).
- Säädön tarve on lisääntynyt. Ennen vuotta 2023 suurimmat tuntimuutokset olivat luokkaa 1000 MW/h molempiin suuntiin. Vuosien 2023 ja 2024 aikana ollut jopa ± 1700 MW/h tuntimuutoksia
- 2023 kesästä alkaen on saatavilla dataa 15min tarkkuudella, mikä tuo esille tuntitaseen tekemiä keskiarvoistuksia. Tarkemmassa datassa suurimmat tehonmuutokset 2024 aikana jopa $+2500$ MW/h ja -3000 MW/h. Yksittäiset ääriarvot saattavat olla dataongelmia.
- Nopealle tehonsäädölle merkittävä lisätarve lähivuosina. Varttihinnoittelu kesällä 2025.



Nopeasti säätävää kapasiteettia tarvitaan

Vaihe 4: Vaihteleva tuotanto pystyisi hetkittäin kattamaan kaiken kulutuksen -> Kuinka järjestelmä vastaa yhä kasvavaan vaihtelevuuteen? Mitä tarvitaan jotta vaihe 4 mahdollinen?

- Lämmöntuotanto sähköistymässä vauhdilla (kaukolämpö, teollisuus, rakennukset). Sähkökattilat kasvattavat joustavaa kapasiteettia merkittävästi. Merkittävä joustolähde yhdistettyinä lämpövarastoihin.
- Kulutusjousto lisääntyy, mutta kattavia arvioita on hankala löytää.
- Liikenne sähköistyy selvästi nopeammin kuin aiempina vuosina. Älykäs lataus voisi lisätä joustoa merkittävästi, mutta todellinen tilanne kaipaisi lisää selvitystä.
- Joustamattomien yksiköiden kannattavuus heikkenee
- Riski, että erittäin suuren määrän (8000+) käyttötunteja tarvitsevien yksiköiden kannattavuus heikkenee

Nopeasti säätävää kapasiteettia tarvitaan

Vaihe 5: Merkittävää tuulen ja auringon ylijäämää ympäri vuoden -> Kuinka voidaan varastoida ja hyödyntää taloudellisesti? Miten voisi kannattaa sekä tuottajalle että kuluttajalle?

Vaihe 6: Vaihteleva tuotanto vastaa melkein kaikesta tuotannosta -> Pitkien aikavälien vaihtelut kriittisiä, kuten kuivat tai vähätuuliset vuodet.

- VTT:n avoin Pohjois-Eurooppalaiseen malliin päivitetty uutta ENTSO-E ja ENTSOG skenaariota (TYNDP 2024) vastaava skenaario
- Erittäin merkittävää sähköistymistä ja vedyntuotantoa, tuuli- ja aurinko valtaosa Euroopan tuotannosta.
- 2025 aikana tutkitaan Suomen puhtaan energian siirtymää huomioiden järjestelmän tuntitason operointi, sääpävarmuudet, erilaiset kapasiteettiskenaariot, jne.

