



15.2.2024

[Etunimi Sukunimi]

Wind and solar in the reserve markets

FINGRID

Practicalities

- Questions after each presentation by chat or by raising hand
- Webinar will be recorded and published
- Materials will be published on Fingrid's web page:
fingrid.fi > Ajankohtaista > Tapahtumat > Sähkömarkkinat
<https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/fingridin-tapahtumat/sahkomarkkinat/>
- Questionnaire about participating in the reserve markets with wind and solar:
<https://ecv.microsoft.com/fhGZ1LOQRN>

Questionnaire:



FINGRID

Agenda

- Welcome
- Wind and solar in the Nordic reserve markets – Jukka Kakkonen
- Tuulivoima reservimarkkinoille -pilotin kokemukset – Niko Korhonen
- Ohje sääriippuvalle tuotannolle automaattisissa reserveissa – Pia Ruokolainen
- Katsaus sähkömarkkinoiden tuleviin muutoksiin – Karri Mäkelä



Jukka Kakkonen



Niko Korhonen



Pia Ruokolainen



Karri Mäkelä

FINGRID

Wind and Solar in the Nordic Reserve Markets

Challenges and Possibilities of Weather
Dependent Production

Nordic publication

FINGRID



Topics of the section

1. About the report
2. Key findings
3. Wind and solar market participation
4. Barriers to market entry
5. Nordic reserve market differences





Background of the project

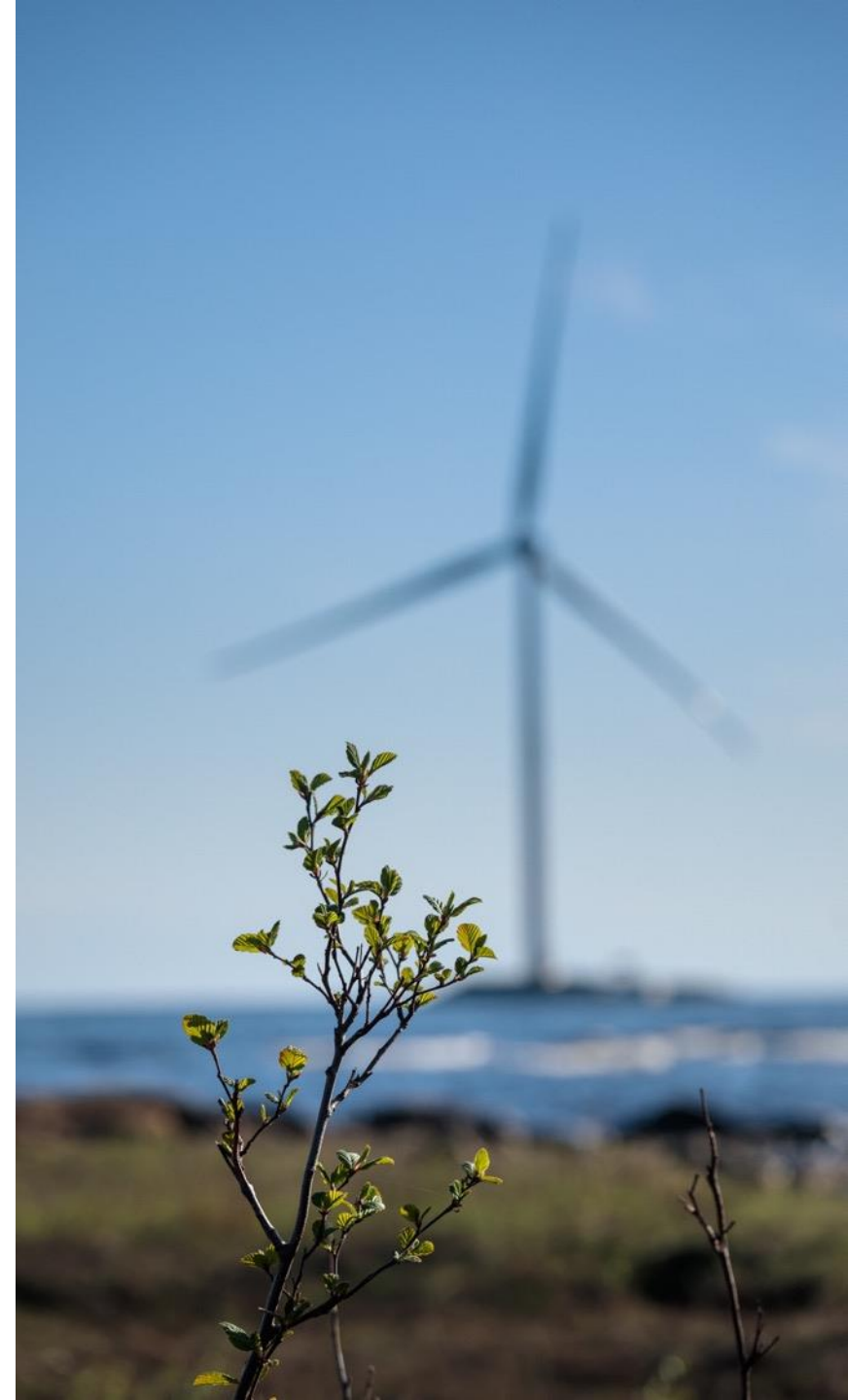
- Common Nordic need to get Wind and Solar to join the reserve markets
 - Need to understand the operating environment of Wind and Solar
 - Many Wind and Solar producers have operations in several Nordic countries
-
- ❑ Common Nordic Questionnaire to gather TSO understanding
 - We aim to help current and potential reserve market participants

About the report

Easy to read document that explains the basic reserve market concepts and logics and presents each of the reserve products from the Wind and Solar point of view.

Structure

- Introduction to the reserves and reserve markets, business logics, current market participation
- For each reserve product
 - Explanation of the product
 - Wind and Solar in the market
 - Nordic market differences
- Forecasting and validating reserve capacity for intermittent production
- Pilot projects
- Links





Key findings

- Wind and Solar participation is crucial – while also profitable
 - Wind has been widely qualified to the reserve markets, solar more in the future
 - The reserve products are identical in the Nordics
 - The reserve markets are different
 - Requirements for forecasts are different
 - Different methods for validating the maintained reserves
- Work to be done to make it easier for companies to join the Nordic reserve markets

Market participation for solar and wind today

Status H2/2023

- Strong increase in mFRR market participation in Finland during 2023
- Still room to improve – especially in automatic reserves
- Solar participation is still modest in all countries
- Hourly mFRR capacity market is a relatively new market

| | Svenska kraftnät | Fingrid | Statnett | Energinet |
|--------------------|------------------|---------|----------|-----------|
| Wind | | | | |
| FFR | 0 | 0 | 0 | 9 |
| FCR-D up | 170 | 0 | 0 | 150 |
| FCR-D down | 320 | 0 | 0 | 150 |
| FCR-N | 150 | 0 | 0 | 120 |
| aFRR up | 0 | 0 | 0 | 224 |
| aFRR down | 250 | 0 | 0 | 224 |
| mFRR energy up | 10 | 290 | 100 | 410 |
| mFRR energy down | 1440 | 860 | 1200 | 2850 |
| mFRR capacity up | - | 0 | 0 | 150 |
| mFRR capacity down | - | 340 | 0 | - |
| Solar | | | | |
| FCR-D down | 10 | 0 | 0 | 15 |
| FCR-D up | 0 | 0 | 0 | 5 |

Barriers to market entry



Knowledge of the markets and possibilities

Wind and solar companies can be new to the Nordic markets

Information about the reserve markets has been difficult to get

Operational agreements preventing market participation

PPAs or Balancing Service agreements might not include the possibility to regulate the assets or participate in the markets

Regulation capabilities missing

Parks have not been equipped with regulation capabilities that can be used for continuous commercial operations

Automation or park controller upgrade might be needed before market participation

Nordic differences



Products are the same

Product specifications are
Nordic or European

Different market rules

Market schedules
Pricing methodology
Minimum bid sizes
Who can act as a balancing
service provider

Different requirements for reserve capacity validation and forecasts

Validation in real time or
after the hour
Requirements for forecasting
accuracy



Learnings and summary

- **Wind and Solar are needed in the reserve markets**
- The report is an easy-to-read overview of the reserve markets from the Wind and Solar point of view
- The reserve markets and the validation of the maintained capacity are different in the Nordics. This surprised the TSOs as well
- Market harmonization is needed
- Customer work is being developed and improved



Thank you!
Questions?

ENERGINET

FINGRID

Statnett

 **SVENSKA
KRAFTNÄT**

Tuulivoima reservimarkkinoille -pilotti



FINGRID

Lähtökohdat ennen pilotin alkua

syksy 2022

- **Tuulivoima kattaa lähitulevaisuudessa entistä isomman osan Suomen kokonaistuotannosta.** Kaikkina hetkinä nykyinen säätövoima ei enää kykene yksin tarjoamaan riittävää määrää säätöä.
- **Syksyn 2022 keskustelut sähköpulasta nostivat esille aika-ajoin epälikvidit reservisähkömarkkinat** - jostain pitäisi saada lisää resursseja.
- **Oli epävarmaa, miksi tuulivoima ei ole osallistunut automaattisille reservimarkkinoille** vaikka tekninen kyvykkyys on. Lisäksi se on alkanut olla kannattavaa.
- **Fingridillä ei tunnettu hyvin, kuinka automaattiset reservituotteet toimivat käytännössä tuulivoiman kanssa.** Naapurimaista oli kuultu kokemuksia yksittäisistä piloteista.

Pilotin tavoitteet

- **Fingridin tuulivoima reservimarkkinoille -pilotissa ratkotaan tuulivoiman osallistumiseen liittyviä erityiskysymyksiä.** Tavoitteena on saada toimijoita automaattisille reservituotteille. Pilotti katsotaan onnistuneeksi, jos toimijat jättää tarjouksen reservimarkkinoille.
- **Pilotin oppeja käytetään hyväksi,** jotta reservimarkkinoille liittyminen olisi sujuvampaa tuulivoimatoimijoille. Pilotti päättyy kesään mennessä.
- **Toimijan tulee täyttää samat reservivaatimukset,** mitä vaaditaan muilta reservimarkkinoilla toimivilta.
- **Pilotissa mukana:** Enefit Green, Centrica Energy Trading ja Prime Capital AG
- **Pilotissa testataan kaikkia automaattisia reservejä. Yhteiskapasiteetti 550MW**

Pilotin kokemukset ja tunnistetut haasteet markkinoille liittymisessä

Tuulivoima soveltuu automaattisille reserveille (tietyllä osin myös FFR)

Reservimarkkinat ovat melko tuntematon alue tuulivoimatoimijoille

Hyväksyntäprosessi (prequalification) on yleisellä tasolla tuntematon

Alkuun oli epäselvää kuinka saatavilla oleva pätöteho lasketaan sekä mitä reaaliaikadataa pitää toimittaa

Häiriötapausten käsittely, jos kaupankäyntiä käydään ulkomailta

Tervetuloa reservimarkkinoille!

Tälläkin hetkellä tuulivoimatoimija voi osallistua reservimarkkinoille, vaikka pilotti on käynnissä

Mahdollisuudet ovat hyvät:

esimerkiksi tuulivoimatuotannon voi myydä samaan tapaan vuorokausimarkkinoille. Alassäätöön osallistuminen on hyvää tämän päälle

Helpon askel: alassäätömarkkinat

mFRR ja aFRR vaatii vain riittävän reaaliaikaisen integraation puistosäätäjään (esim. IEC104)
FCR-D osallistuminen turbiiniautomaation muutoksilla

Samat tekniset ohjeet toimivat myös aurinkotoimijoille!

Niko Korhonen, niko.korhonen@fingrid.fi, +358 40 670 4557
Jukka Kakkonen, jukka.kakkonen@fingrid.fi, +358 50 336 0031

FINGRID

Ohje säätämiselle tuotannolle automaattisissa reserveissa



FINGRID

Ohje sääriippuvalle tuotannolle automaattisissa reserveissa

- Täydentävä [ohjedokumentti](#) tuuli- ja aurinkovoimalle julkaistiin joulukuussa 2023
- Tavoitteena selkeyttää vaatimusten tulkintaa vaihtelevalle tuotannolle
- Ohjeen sisältö:
 - Referenssiteho, johon nähden reservi aktivoidaan
 - Saatavilla olevan pätötehon laskennan laadun arviointi
 - Ylläpidetyn reservin laskenta
 - Esimerkkejä reservin aktivoinnista eri tapauksissa
- Kaikki yleiset tekniset vaatimukset ja säätökoevaatimukset koskevat myös sääriippuvaa tuotantoa (sopimusliite 2)

Käsitteitä

Referenssiteho (P_{baseline}) on teho, jonka voimalaitos tuottaisi, mikäli reservejä ei ole aktivoituneena.

Maksimiteho (P_{max}) on suurin teho, jolla voimalaitos voi sillä hetkellä toimia. Vastaa $P_{\text{available}}$, jos tehoa ei ole rajoitettu.

Saatavilla oleva pätöteho ($P_{\text{available}}$) on suurin pätöteho, joka olisi mahdollista tuottaa sen hetkisissä sääolosuhteissa.

Tehorajoitus (P_{limit}) on pätötehon arvo, johon voimalaitoksen teho on sillä hetkellä rajoitettu.

Referenssiteho

- Referenssitehoa tarvitaan säädön toteuttamiseen oikean suuruisena, reservin aktivointien jälkikäteiseen todentamiseen sekä ylläpidettyjen reservikapasiteettien laskentaan
- Säariippuvalle tuotannolle referenssiteho on
 - a) $P_{\text{available}}$, jos voimalaitoksen tehoa ei ole rajoitettu
 - b) $\min(P_{\text{available}}, P_{\text{limit}})$, jos käytössä on tehorajoitus
- Ylössäädön tarjoamiseksi tehoa on rajoitettava siten, että ylössäätökapasiteettia on riittävästi tarjotun säädön aktivointiin
- Tehorajoitus voi olla suhteessa saatavilla olevaan pätötehoon tai absoluuttinen tehoraja
- FCR-D:ssä ja FFR:ssä referenssitehoksi hyväksytään myös hetkellisteho juuri ennen reservin aktivoitumista

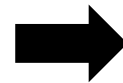
Saatavilla oleva pätöteho: laatukriteerit

- Kun saatavilla olevaa pätötehoa käytetään referenssitehona tai ylläpidetyn reservin seurannassa, sen laatu todennetaan osana säätökoeprosessia
- Reservitoimittaja toimittaa kuvauksen laskennasta sekä 1 kk jakson dataa 10 s resoluutiolla:
 - Aikaleimattu saatavilla oleva pätöteho ja mitattu pätöteho
 - Tarkastelujaksolla ei saa olla reservin aktivointia tai tehorajoituksia
- Datasta lasketaan saatavilla olevan pätötehon virhe:

Fingrid voi muuttaa laatukriteereitä myöhemmin huomioiden käytännön kokemukset ja havaitut tarpeet

$$P_{deviation}(t) = P_{available}(t) - P_{measured}(t)$$

$$P_{normal} = \frac{\sum P_{available}}{N}$$



$$NRMSE = \frac{\sqrt{\sum P_{deviation}(t)^2}}{P_{normal}} \leq 5 \%$$

Ylläpidetyn reservikapasiteetin laskenta

- Ylläpidetty reservikapasiteetti on kapasiteetti, joka voimalaitoksella on käytettävissä reservin aktivointiin. Reservin aktivoituminen ei pienennä ylläpidettyä kapasiteettia.
- Reservitoimittaja laskee ja raportoi ylläpitämänsä kapasiteetin Fingridille tuotekohtaisesti reaaliajassa.
- Fingrid käyttää dataa reservien määrän reaaliaikaseurantaan sekä reservitoimittajien laskuttamien reservimäärien tarkistukseen.
- Esimerkkilaskenta aFRR:lle:

$$C_{aFRR,upwards,maintained} = \max [\min(P_{max} - P_{baseline} - C_{mFRR}, C_{prequalified}), 0]$$

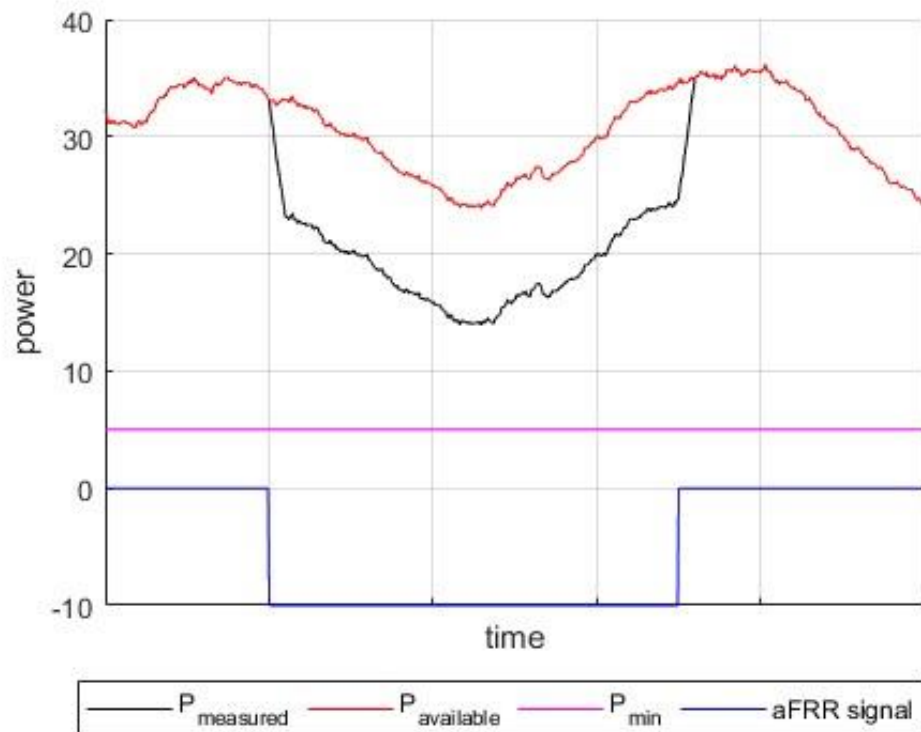
$$C_{aFRR,downwards,maintained} = \max [\min(P_{baseline} - C_{mFRR} - P_{min}, C_{prequalified}), 0]$$

Rajautuu säätökokeessa todennettuun määrään

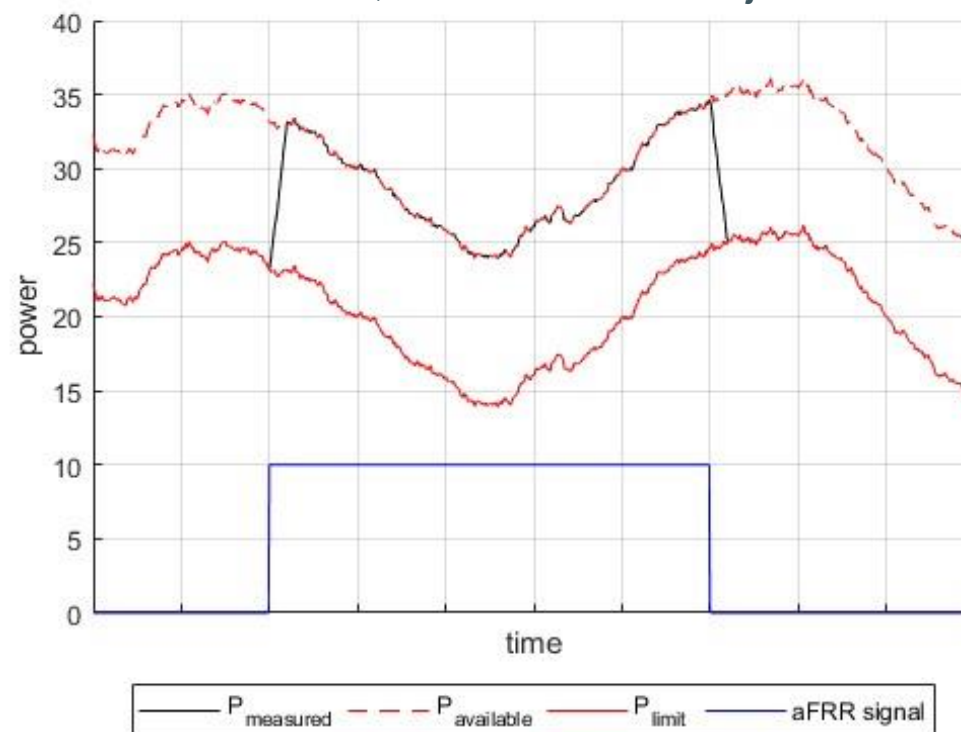
Huomioidaan muiden reservien vaikutus, jos ylläpidetään useita tuotteita yhtä aikaa

Esimerkkejä: aFRR

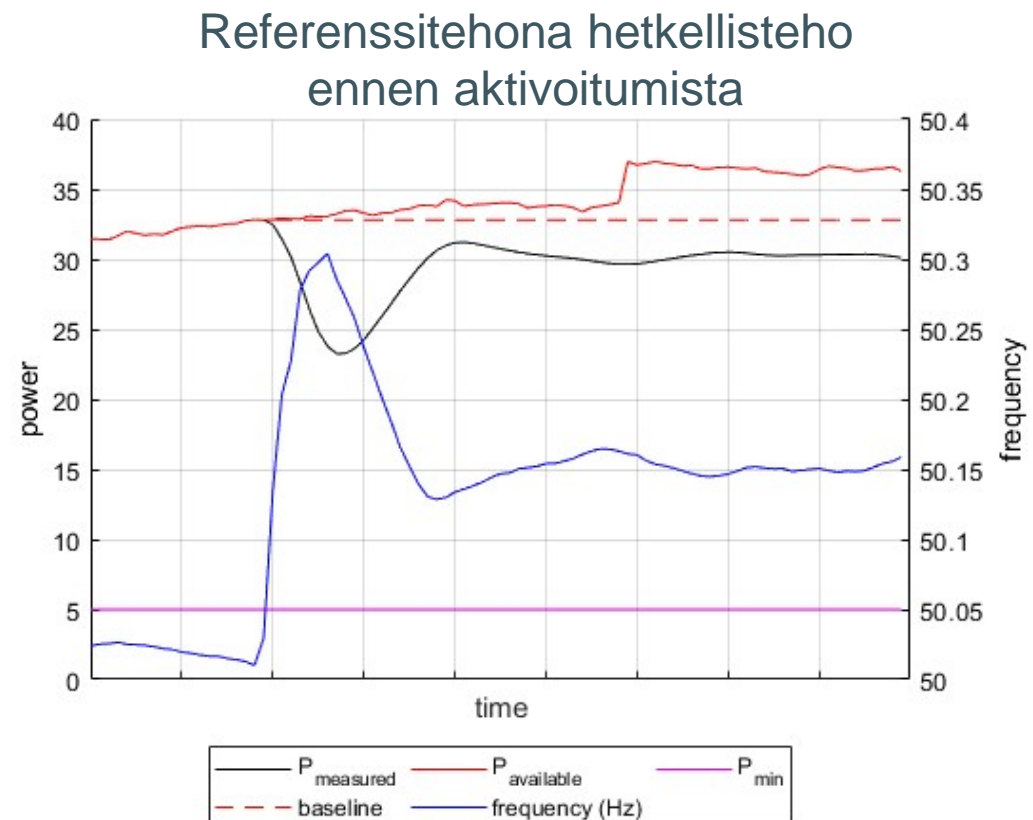
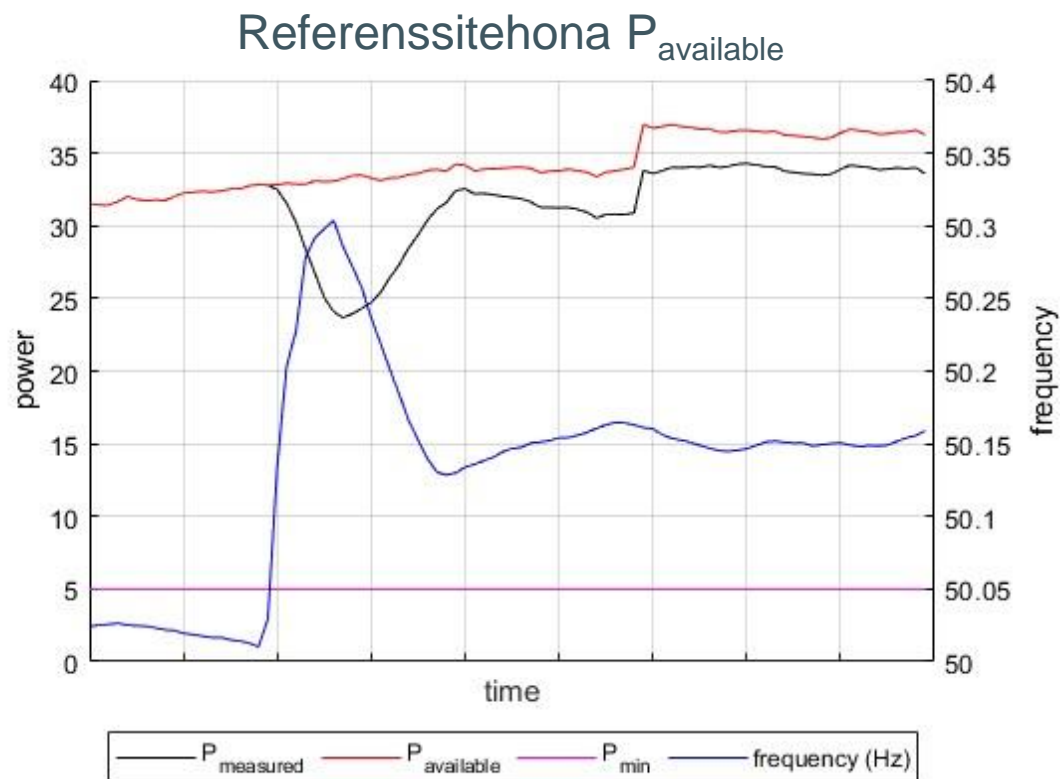
Alassäätö



Ylössäätö, muuttuva tehorojoitus



Esimerkkejä: FCR-D alassäätö



Katsaus sähkö- markkinoiden tuleviin muutoksiin



FINGRID



15.2.2024

[Etunimi Sukunimi]

Katsaus sähkömarkkinoiden tuleviin muutoksiin

FINGRID

Sähkömarkkinat ovat uudistumassa

- Vihreän siirtymän myötä Pohjoismaiden sähköjärjestelmä ja sen tasapainotusperiaate uudistuu – siirrytään malliin, jossa Fingrid ottaa aiempaa suuremman vastuun Suomen kulutuksen ja tuotannon tasapainottamisesta
- Suomessa ja muualla Pohjoismaissa on siirrytty yksitasemalliin
- Pohjoismaihin on rakennettu uusia reservimarkkinapaikkoja – sekä kansallisia että yhteispohjoismaisia
- Varttitase on otettu käyttöön ja 15 minuutin tukkusähkömarkkinat ovat toteutumassa lähitulevaisuudessa
- **Tuloksena on kestävämmät, kilpailukykyisemmät ja Euroopan laajuisesti integroidut sähkömarkkinat, jotka ovat yhdenmukaiset EU:n lainsäädännön kanssa.**

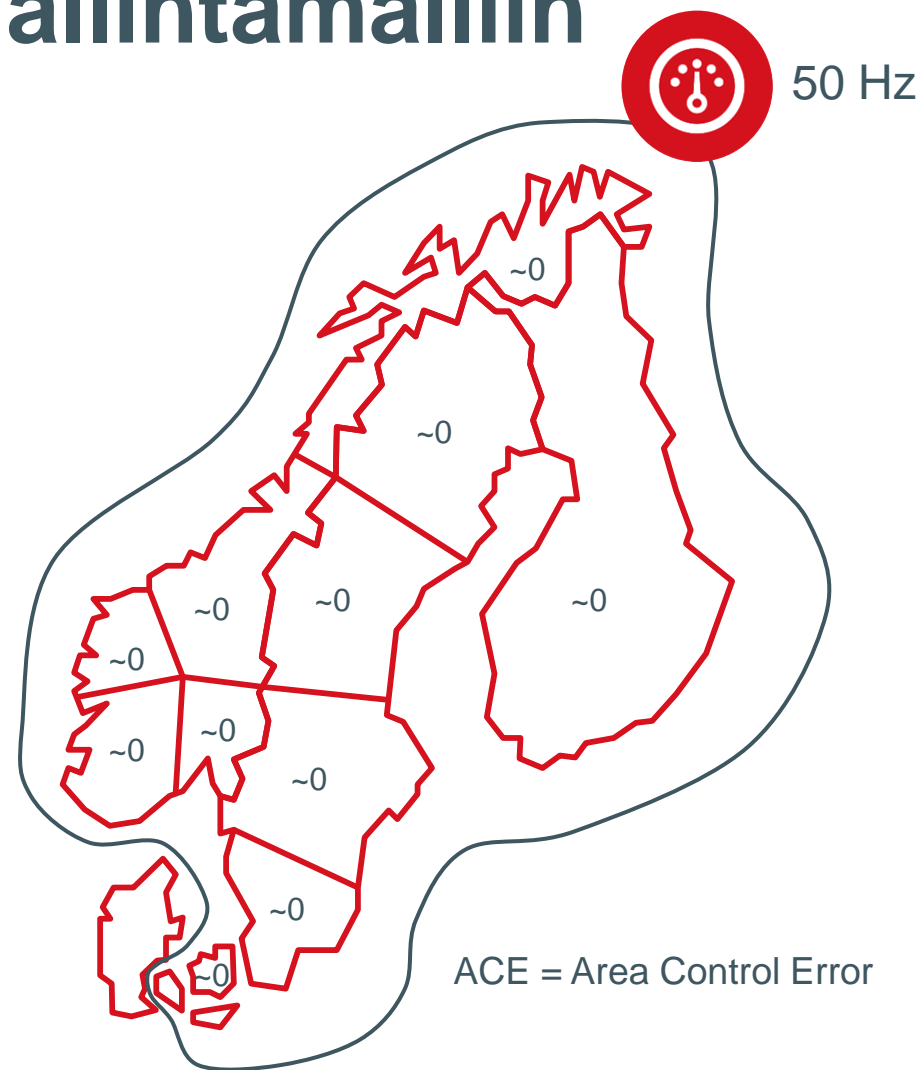


Sähkömarkkinoiden suuret muutokset



Pohjoismaat siirtyvät ACE-tasehallintamalliin

- ACE-tasehallintamallissa säätö perustuu taajuuden sijaan taajuudensäätöalueiden tasepoikkeamien laskentaan
- Kun kaikkien alueiden tasepoikkeama on nolla, pohjoismaisen synkronialueen taajuus on 50 Hz
- Jokainen pohjoismainen kantaverkkoyhtiö on vastuussa oman alueensa tasapainottamisesta ja säätötarpeen määrittämisestä
- Säätötarpeet lähetetään yhteisille reservimarkkina-paikoille, jotka optimoivat toteutettavan säädön ottaen huomioon tarjoukset, säätötarpeet sekä alueiden väliset käytettävissä olevat rajasiirtokapasiteetit
- Tasepoikkeamat netotetaan mahdollisuuksien mukaan ja säätötarjousten aktivointi tehdään hintajärjestyksessä
- Muutos tulee tapahtumaan vaiheittain vuosina 2025-2027

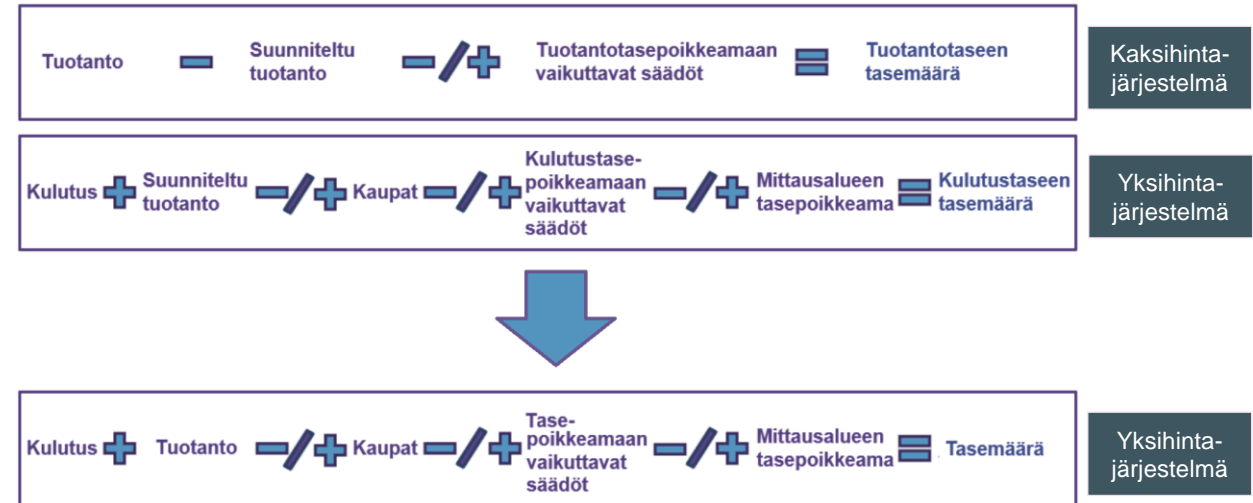


Sähkömarkkinoiden suuret muutokset



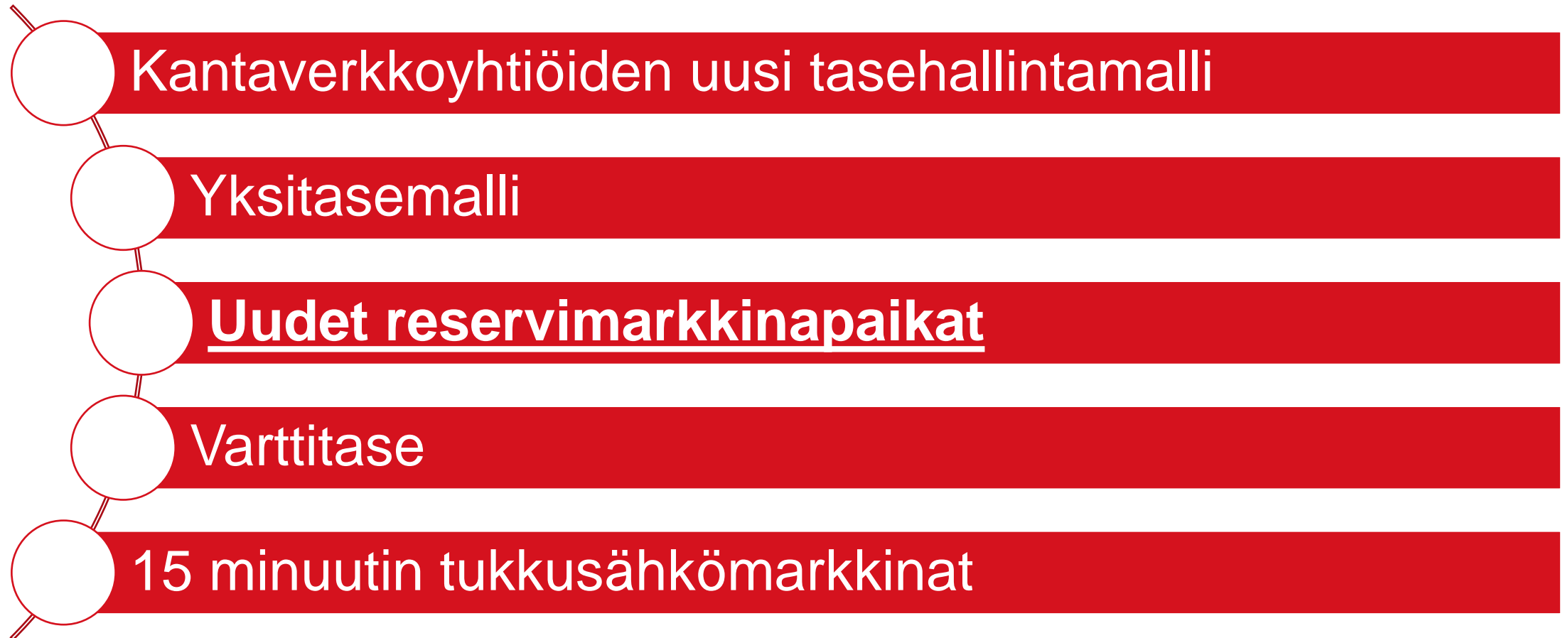
Yksitasemalli

- Yksitasemalliin siirryttiin marraskuussa 2021
- Taseselvityksessä luovuttiin erillisistä tuotanto- ja kulutustaseista ja ne **lasketaan yhdessä taseessa, johon sovelletaan yhtä hintaa**
- Muutos vaikuttaa erityisesti markkinakäyttäytymiseen
 - Sitovat tuotantosunnitelmat poistuivat taseselvityslaskennasta
 - Yksihintajärjestelmä kannustaa markkinaosapuolia pysymään taseessa, mutta tarvittaessa myös tukemaan järjestelmää
- Myös tasesähkön hinnoitteluperiaatteet muuttuivat



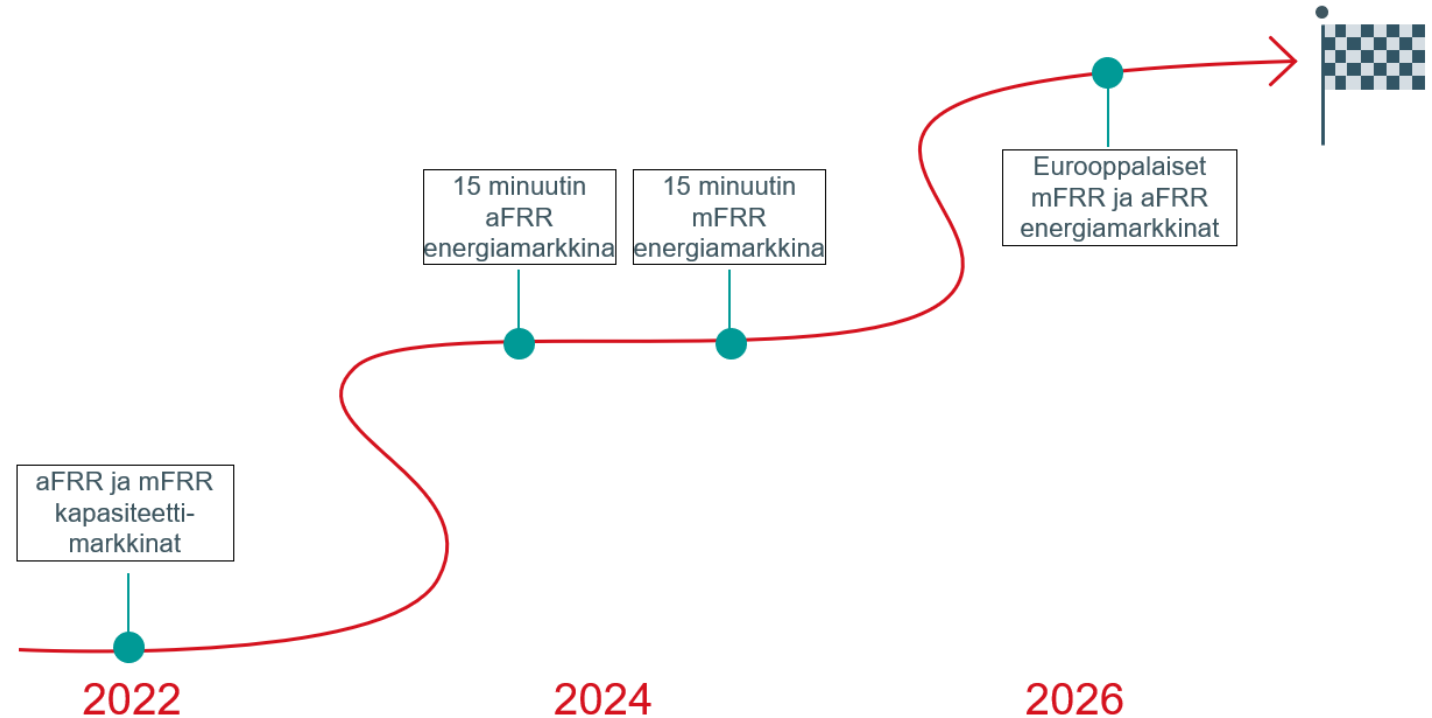
Yksitase- ja yksihintamallin myötä markkinatoimijat voivat reaaliajassa hyödyntää joustokkykyisiä tuotanto- ja kulutuskohteita tavoitellakseen tasepoikkeamia, jotka tukevat sähköjärjestelmän tilaa. Näin markkinatoimijat voivat saada energialleen vuorokausimarkkinoita paremman tuoton ja vaikuttaa koko sähköjärjestelmän tasehallintaan.

Sähkömarkkinoiden suuret muutokset

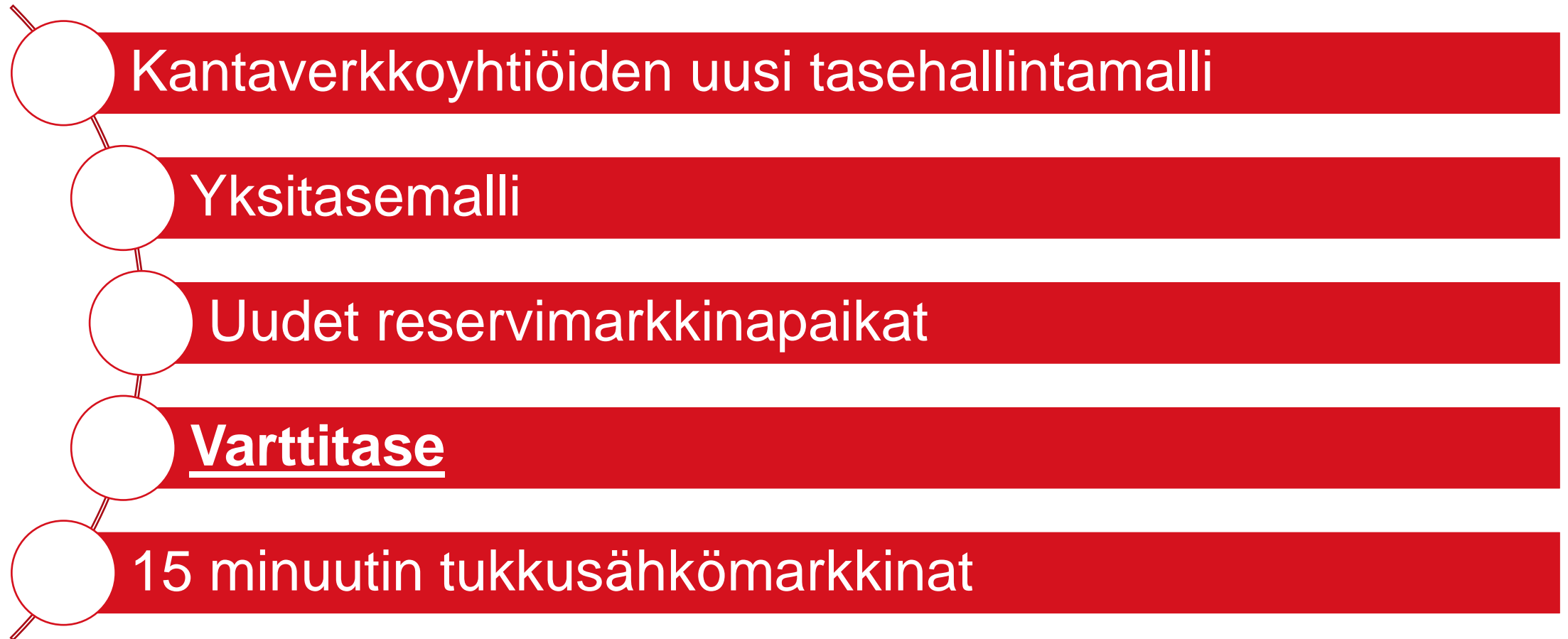


Uudet reservimarkkinapaikat

- Vuonna 2022 lanseerattiin uudet aFRR ja mFRR kapasiteettimarkkinapaikat
 - Kapasiteettimarkkinoilla toimija tarjoaa säädettävää kapasiteettiansa markkinoille siten, että kapasiteetti on valmiudessa säätää, jos tehotasapaino-/taajuuden tilanne sitä vaatii.
- Vuonna 2024 tullaan avaamaan uudet 15 minuutin aFRR ja mFRR energiamarkkinat
 - Energiamarkkinoilla toimija tarjoaa säätöressurssinsa markkinoille määrittelemällään hinnalla ja tehomäärällä.
- Vuosina 2026-2027 mFRR ja aFRR energiamarkkinat siirtyvät eurooppalaisille alustoille

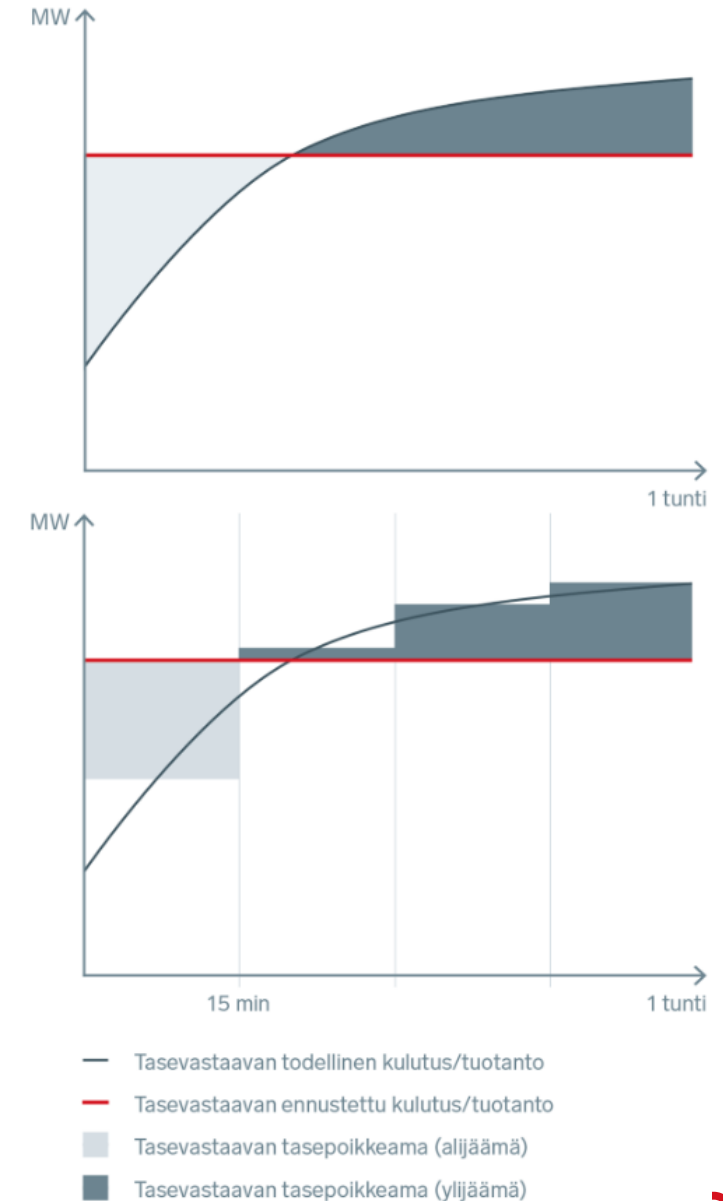


Sähkömarkkinoiden suuret muutokset

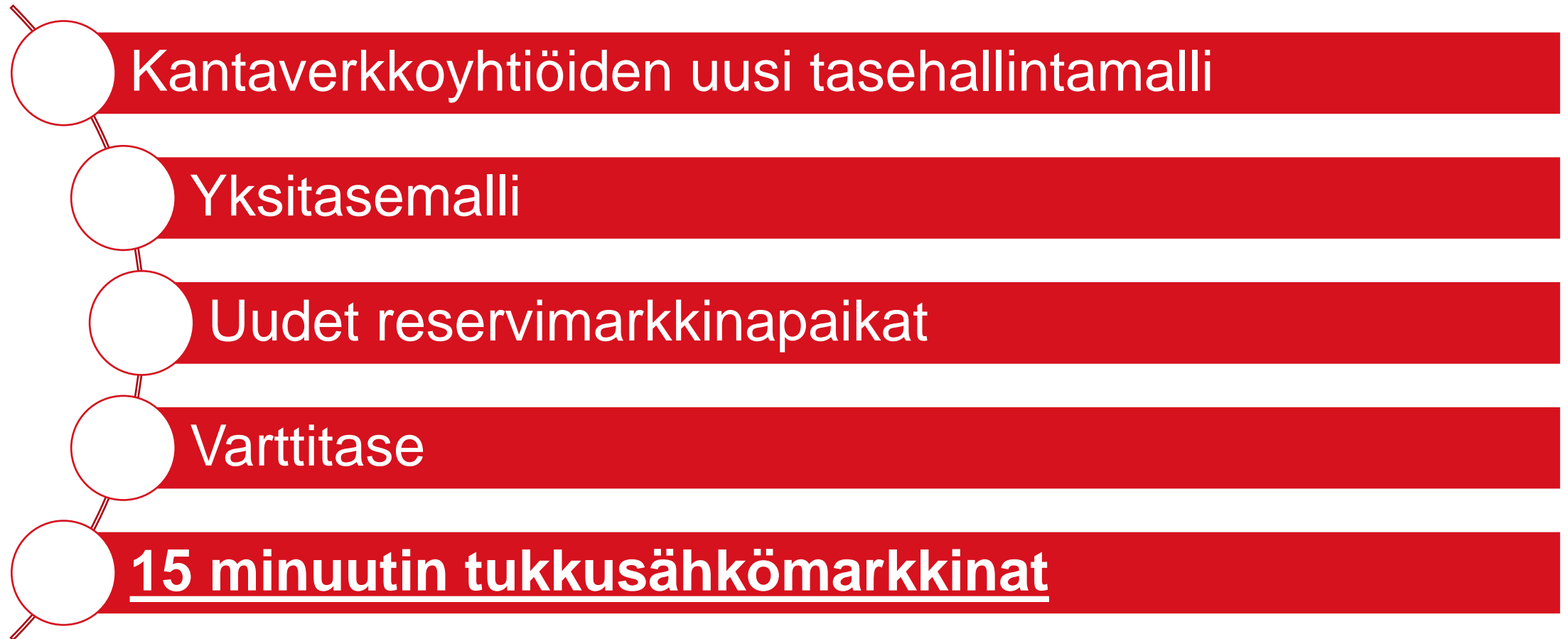


Varttitase

- Varttitase tarkoittaa tunnin kaupankäynti- ja taseselvitysjakson siirtymistä 15 minuuttiin.
- Varttitase lisää sähköjärjestelmän markkinaehtoista tasapainotusta.
 - Lyhyempi ennustehorisontti ja täsmällisemmät hintasignaalit ohjaavat markkinaosapuolia hoitamaan tarkemmin tasettaan.
 - Kantaverkkoyhtiön toteuttaman säädön tarve vähenee.
- Sekä datan että kantaverkkoyhtiöiden tekemien säätöpäätösten määrät nelinkertaistuvat, mikä asettaa tasehallintaprosessille uudenlaisia vaatimuksia.
- Pohjoismaissa ja Euroopassa siirtymä tapahtuu useammassa vaiheessa.
 - Ensimmäinen vaihe toteutettiin Suomessa Toukokuussa 2023.
 - Toinen vaihe, jossa tasepoikkeaman hinnoittelu siirtyy Pohjoismaissa 15 minuuttiin, tapahtuu vuoden 2025 alkupuolella.



Sähkömarkkinoiden suuret muutokset



15 minuutin tukkusähkömarkkinat

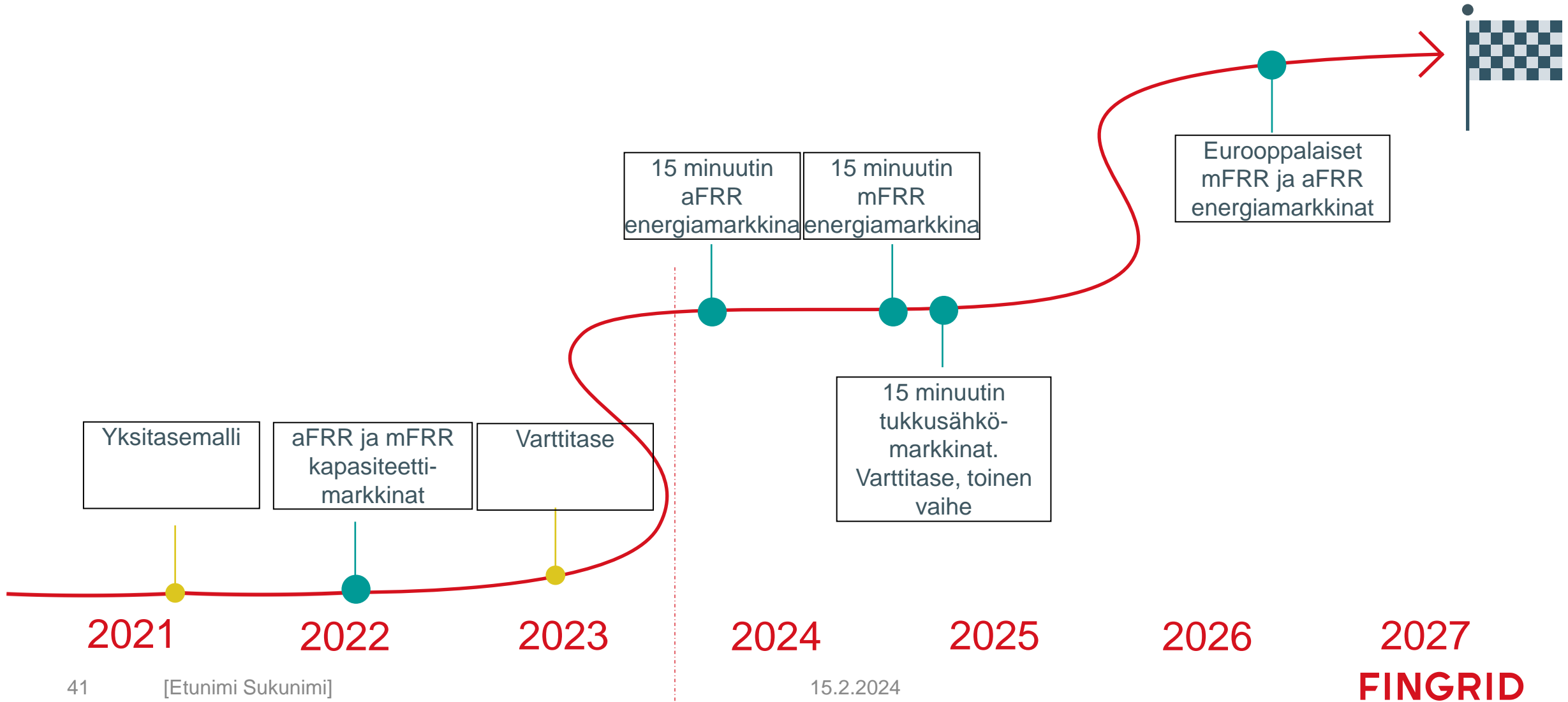
- Tukkusähkömarkkinoiden siirtyminen 15 minuutin kaupankäyntiin on edellytys markkinatoimijoiden kyvykkyyteen tasapainottaa taseensa 15 minuutissa
- 15 minuutin kaupankäyntijaksoon siirrytään sähköpörsseissä tammikuussa 2025:
 - Vuorokausimarkkinoilla
 - Päivänsisäisessä jatkuvassa kaupankäynnissä (pohjoismaisesti)
 - Päiväsisäisessä huutokaupassa (uusi markkinapaikka)
- Päivänsisäisellä markkinalla kaupankäynti 15 minuutin tuotteilla Suomen alueen sisällä on ollut mahdollista toukokuusta 2023 alkaen.



Markkinamuutosten tiekartta



Markkinamuutokset



An aerial photograph of a wind farm at sunset. The sun is low on the horizon, casting a warm glow over a dense forest. Several wind turbines are visible, with one large turbine in the foreground on the right. The sky is a mix of orange, yellow, and blue. The overall scene is peaceful and scenic.

**Kiitos
mielenkiinnosta!**

FINGRID

Kiitos osallistumisesta!

- Materiaalit löytyvät webinaarin jälkeen [fingrid.fi](https://www.fingrid.fi) > Ajankohtaista > Tapahtumat > Sähkömarkkinat
<https://www.fingrid.fi/ajankohtaista/fingridin-tapahtumat/sahkomarkkinat/>
- Kysely reservimarkkinoille osallistumisesta tuuli- ja aurinkovoimalla: <https://ecv.microsoft.com/fhGZ1LOQRN>



FINGRID