

Fingrid Oyj

# Tuotekuvaus: taajuuden vakautusreservit (FCR)

21.9.2023

## 1 Johdanto

Tässä dokumentissa esitellään taajuuden vakausreserveihin kuuluvat reservituotteet ja niiden tekniset vaatimukset. Reservimarkkinalla voimassa olevat tekniset vaatimukset on määritetty yksityiskohtaisesti dokumentissa *Taajuuden vakausreservien (FCR) teknisten vaatimusten todentaminen ja hyväksyttämisprosessi*, joka on Taajuusohjattujen reservien markkinasopimuksen liitteenä. Tämä dokumentti on **epävirallinen lisämateriaali**, jonka tavoitteena on luoda yleiskuva keskeisimmistä teknisistä vaatimuksista ja taajuuden vakausreservien toiminnasta.

Taajuuden vakausreserveihin kuuluu kolme reservituotetta:

- Taajuusohjattu käyttöreservi (FCR-N), taajuusalueella 49,9–50,1 Hz
- Taajuusohjatun häiriöreservin ylössäätötuote (FCR-D ylös), taajuusalueella 49,9–49,5 Hz
- Taajuusohjatun häiriöreservin alassäätötuote (FCR-D alas), taajuusalueella 50,1–50,5 Hz

Reservikohde voi olla yksittäinen säätävä laitteisto, kuten voimalaitosyksikkö, tai se voi olla aggregoitu eli useista erillisistä resursseista muodostuva reservikohde. Aggregoidussa reservikohteessa vaatimuksia sovelletaan reservikohdetasolla, eikä yksittäisten resurssien ole välttämätöntä täyttää itsenäisesti kaikkia vaatimuksia.

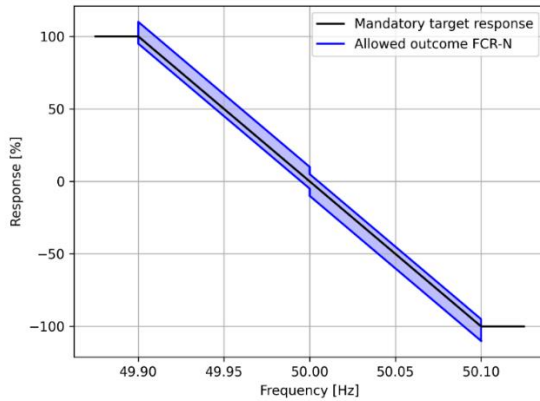
Reservikohteella on oltava automaattinen taajuusmittaukseen perustuva tehonsäätö. Fingrid ei lähetä aktivointipyynnöjä. Säättöjärjestelmä voi olla paikallinen tai keskusohjattu. Paikallisessa säädössä taajuusmittaus on reservikohteella, eikä reservin toiminta ole reaaliajassa riippuvainen kommunikaatiosta ulkoisten järjestelmien kanssa. Keskusohjatussa säädössä taajuusmittaus voi olla eri paikassa kuin reservikohde ja aktivointikäsky lähetetään reservikohteelle muualla sijaitsevasta ohjausjärjestelmästä, esimerkiksi kolmannen osapuolen tietoliikenneyhteyksien kautta. Keskusohjauksesta tulee käyttää vain perustelluista syistä ja sen toteutuksessa on erityisesti huomioitava luotettavuus ja tietoturva.

## 2 Aktivoituvan reservin määrä

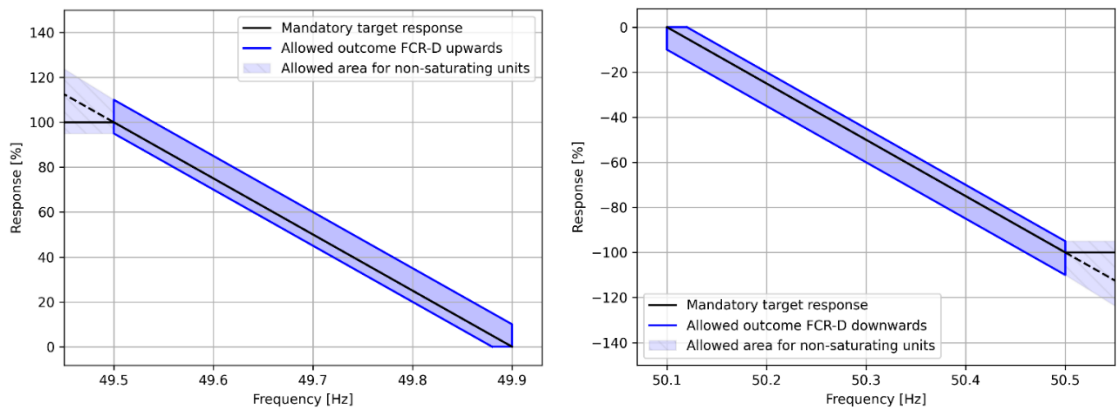
Taajuusohjattujen reservien aktivointi on lineaarinen taajuuspoikkeaman suhteen. Yli 50,0 Hz:n taajuuksilla säädetään alaspäin: reservikohteen tuotantoa vähennetään tai kulutusta lisätään. Alle 50,0 Hz taajuuksilla säädetään ylöspäin: tuotantoa lisätään tai kulutusta vähennetään. Reservin tulee pysyä aktivoituneena niin kauan, kun taajuuspoikkeama kestää. FCR-N aktivoituu täysimääräisesti 100 mHz:n ja FCR-D 500 mHz:n taajuuspoikkeamalla. Toteutuva reservi saa olla enintään 5 % alle tai 20 % yli laskennallisen reservikapasiteetin. Reservitoimittajalla tulee olla menetelmä reservikohteidensa kapasiteettien laskemiseen.

Aktivoituvan reservin määrä taajuuden suhteen on esitetty FCR-N:lle kuvassa 1 ja FCR-D:lle kuvassa 2. Portaattomasti säätävät reservikohteet noudattavat mustalla piirrettyä lineaarista säätökäyrää. Jos reservikohteen säätökyky ei ole jatkuva (esimerkiksi releohjatut kuormat), säätökäyrä voi olla paloittain lineaarinen eli porrastettu. Tällöin toteutuvan

reservin pitää pysyä kuvaan merkityn sinisen alueen sisäpuolella. Sinisen alueen raja on 5 % alle ja 10 % yli lineaarisen säätökäyrän mukaisen reservimäärän.



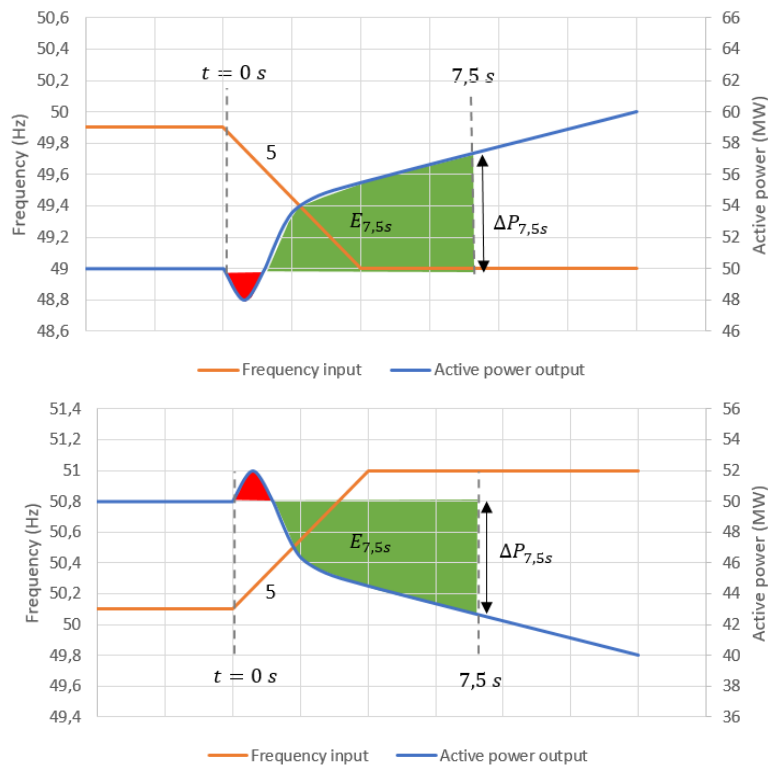
Kuva 1 Taajuusohjatun käyttöreservin (FCR-N) aktivointi taajuuden suhteen



Kuva 2 Taajuusohjatun häiriöreservin (FCR-D) aktivointi taajuuden suhteen

### 3 Aktivoitumisnopeus

FCR-D aktivoituu nopeasti häiriötilanteessa ja estää taajuuspoikkeaman kasvun liian suureksi. Kun taajuus laskee nopeasti alle 49,5 Hz:iin tai nousee nopeasti yli 50,5 Hz:iin, kapasiteetista vähintään 86 % pitää aktivoitua ensimmäisten 7,5 sekunnin aikana. Lisäksi reservikohteen tulee samassa ajassa aktivoida riittävästi energiaa ( $3,2 \cdot$  reservikapasiteetti [MWs]), mikä edellyttää, että tehoa aktivoituu huomattavasti jo heti taajuuspoikkeaman alussa. Aktivoitumisnopeudelle asetettuja vaatimuksia havainnollistaa kuva 3. Jos aktivoitumisnopeus on vaadittua hitaampi, reservikohta voidaan hyväksyä reservin ylläpitoon mutta pienemmäksi skaalatulla reservimäärällä.



Kuva 3 Taajuusohjatun häiriöreservin (FCR-D) aktivoitumisnopeus

FCR-D voi olla tyypiltään joko dynaaminen tai staattinen. Dynaaminen FCR-D säätää ajallisesti jatkuvasti ja pystyy myös vähentämään aktivoitunutta reserviä nopeasti, kun taajuuspoikkeama pienenee. Staattinen FCR-D ei pysty jatkuvaan säätöön ja tarvitsee enemmän aikaa (max. 15 min) palautumiseen aktivoinnin jälkeen. Esimerkiksi vesivoima ja sähkövarastot tuottavat dynaamista FCR-D:tä. Staattista FCR-D:tä ovat esimerkiksi irti-kytkettävät kuormat, joita ei voida jälleenkytkä välittömästi taajuuden palautuessa.

FCR-N on tyypiltään aina dynaamista. Aktivoitumisnopeuden tulee olla riittävä vaimentamaan järjestelmässä normaalisti esiintyvää taajuusvaihtelua, erityisesti noin 70 s jaksonajalla. Aktivoituminen testataan siniaaltotesteillä, ja vaatimus on määritelty taajuustasossa. Aikatasossa vaatimus vastaa likimain 63 %:n aktivoitua minuutissa ja 95 %:n aktivoitua kolmessa minuutissa, kun taajuus muuttuu askelmaisesti 50,0 Hz:stä 49,9 Hz:iin tai 50,1 Hz:iin.

## 4

### Stabiilius

Pelkkä suorituskykyvaatimus voisi ohjata virittämään reservikohteiden säädön liian aggressiiviseksi, mikä vaarantaisi sähköjärjestelmän stabiiliuden. Jos taajuussäätö ei ole stabiili, taajuudessa voi syntyä vaimentumatonta heiluntaa. Sekä FCR-N:ltä että dynaamisen FCR-D:ltä vaaditaan riittävän suuri stabiiliusvara. Stabiiliusvara kuvaa sitä, kuinka paljon marginaalia järjestelmässä on epästabiiliin tilanteeseen, ja se määritetään reservikohteelle siniaaltotestien perusteella. Stabiiliusvaatimusta ei sovelleta staattiselle FCR-D:lle, koska se ei säädä jatkuvasti.

## 5 Rajalliset energiavarastot

Reservikohde, jonka energiavarasto on pienempi kuin kahden tunnin aktivointia vastaava energia, katsotaan rajalliseksi energiavarastoksi (*LER, limited energy reservoir*). Rajallisilta energiavarastoilta vaadittava vähimmäisenergia ja -teho suhteessa ylläpidettävään reservikapasiteettiin on esitetty taulukossa 1. Energialla tarkoitetaan todellista käytettävissä olevaa energiaa, ei nimellistä energiaa. Esimerkiksi sähkövaraston tapauksessa huomioidaan mahdolliset rajoitukset minimi- ja maksimivaraustasolle sekä sähkövaraston elinkaaren aikana ikääntymisen vaikutus energiakapasiteettiin. Tehovaatimus on suurempi kuin reservikapasiteetti, koska ylittävä osa varataan pakolliseen energianhallintaan.

*Taulukko 1 Rajallisten energiavarastojen vähimmäismitoitus*

	<b>FCR-N</b>	<b>FCR-D ylös</b>	<b>FCR-D alas</b>
<b>Tehovaatimus, ylössäätö (MW)</b>	$+1,34 * C_{FCR-N}$	$+C_{FCR-D,ylös}$	$+0,20 * C_{FCR-D,alas}$
<b>Tehovaatimus, alassäätö (MW)</b>	$-1,34 * C_{FCR-N}$	$-0,20 * C_{FCR-D,ylös}$	$-C_{FCR-D}$
<b>Energiavaatimus, ylössäätö (MWh)</b>	$1 \text{ h} * C_{FCR-N}$	$1/3 \text{ h} * C_{FCR-D,ylös}$	0
<b>Energiavaatimus, alassäätö (MWh)</b>	$1 \text{ h} * C_{FCR-N}$	0	$1/3 \text{ h} * C_{FCR-D,alas}$

Esimerkiksi 10 MW FCR-N:ää vaatii vähintään 13,4 MW tehoa (purku- ja lataustehoa) ja 20 MWh energiaa. 10 MW FCR-D:tä sekä ylös- että alassäätöön vaatii vähintään 12 MW tehoa ja 6,7 MWh energiaa. 10 MW FCR-N:ää, 10 MW FCR-D:tä ylös ja 10 MW FCR-D:tä alas vaatii vähintään 25,4 MW tehoa ja 26,7 MWh energiaa.

Rajallisten energiavarastojen tulee toteuttaa säätöjärjestelmään kaksi automaattista energianhallintatoimintoa: normaalitilan energian hallinta (*NEM, normal state energy management*) ja hälytystilan energian hallinta (*AEM, alert state energy management*). NEM pyrkii hidastamaan energiavaraston tyhjenemistä/täyttymistä ja palauttamaan energiavarastoa muuttamalla reservikohteen pohjatehoa. AEM aktivoituu juuri ennen energian loppumista ja ajaa aktivoituneen reservin alas hallitusti. AEM-tilassa reservikohde ei enää ylläpidä reserviä, vaan reagoi ainoastaan poikkeamiin taajuuden 5 min keskiarvon ympärillä. Tarkat kuvaukset NEM- ja AEM-toiminnoista on saatavilla dokumentissa *Taajuuden vakautusreservien (FCR) teknisten vaatimusten todentaminen ja hyväksyttämismenettely*.

## 6 Säätökokeet ja mittausvaatimukset

Ennen reservimarkkinalle osallistumista jokaiselle reservikohteelle tehdään säätökoe, jossa tarkistetaan vaatimusten täyttyminen ja määritetään reservikohteelle hyväksytyn FCR-kapasiteetin määrä tuotekohtaisesti. Reservitoimittaja vastaa säätökokeen tekemisestä *Taajuuden vakautusreservien (FCR) teknisten vaatimusten todentaminen ja hyväksyttämismenettely*.

*syttämiprosessi* -dokumentin mukaisesti. Fingridillä on oikeus osallistua testeihin. Säätkoe on uusittava viiden vuoden välein. Säätkoe on uusittava myös siinä tapauksessa, että reservikohteeseen tehdään taajuussäätöön vaikuttavia muutoksia.

Säätkokeessa sähköverkon taajuusmittaus korvataan testisignaalilla. Testisignaalit on määritelty tuotekohtaisesti ja ne voivat sisältää askelmaisia taajuusmuutoksia, rampeja ja siniaaltoja. Tarpeen mukaan testit toistetaan eri käyttötilanteissa, esimerkiksi eri pohjatehoilla tai säätöparametreilla. Mittausdata ja säätkoeraportti toimitetaan Fingridille tarkistettavaksi. Säätkokeiden tarkistukseen on käytössä säätkoesovellus, joka on myös reservitoimittajien saatavilla.

Reservikohteella on oltava päätötehomittaus ja taajuusmittaus. Säätkokeessa mittausten tallennusväli tulee olla 0,1 s FCR-D:lle ja 0,2 s FCR-N:lle. Fingrid voi reservitoimittajan pyynnöstä hyväksyä myös 1 s tallennusvälin, jos se on riittävä vaatimusten täyttymisen arviointiin. Normaalkäytön aikainen tallennusväli on 1 s.

Reservikohteista tulee toimittaa Fingridille reaaliaika- ja historiatietoja. Reaaliaikatietoja lähetetään jatkuvasti vähintään minuutin välein. Reservitoimittajan tulee säilyttää historia-tietoja vähintään 14 vuorokauden ajan ja toimittaa ne Fingridille erillisestä pyynnöstä. Lisätietoja tiedonvaihdosta on saatavilla dokumentissa *Fingridin reservikaupankäynti- ja tiedonvaihto-ohje*.