

Testprogram för FFR

Utgåva: 1.5

Gäller fr.o.m.: 2025-05-08

Inledning

Detta dokument beskriver de test som erfordras för att verifiera att enheter som tillhandahåller FFR uppfyller ställda krav. Detta dokument fungerar också som en mall för testprogram.

Notera att det är viktigt att rapporterad testdata följer rätt anvisningar enligt dokumentet Rapportering av data FFR. Se svenska kraftnäts hemsida för mer information.

1 Sammanfattning tekniska krav FFR

För en full genomgång av de tekniska kraven hänvisas till ”Technical Requirements for Fast Frequency Reserve Provision in the Nordic Synchronous Area” Version 1.1 som återfinns på www.svk.se.

1.1 Uthållighet

Det finns två alternativ för uthållighet hos enheten/gruppen, som prioriteras likvärdigt vid upphandlingen, se tabell 1.

Tabell 1. Uthållighet.

Alternativ	Krav
Lång uthållighetstid	Minst 30 sekunder
Kort uthållighetstid	Minst 5 sekunder

1.2 Aktivering

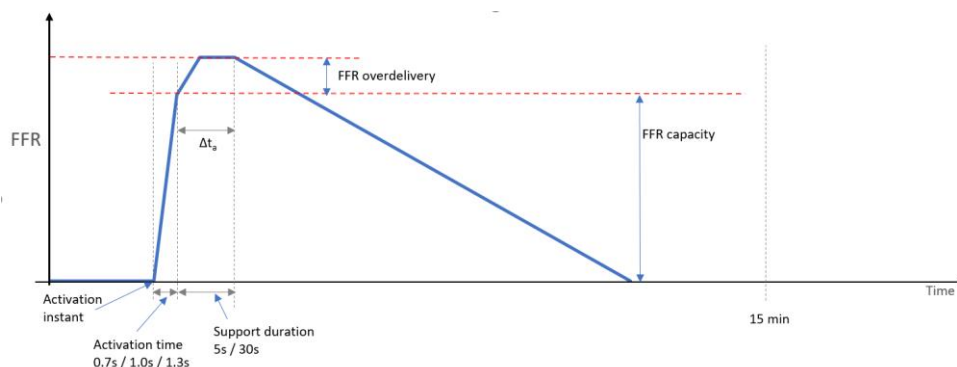
Val av frekvensnivå som enheten/gruppen ska aktiveras med lång eller kort uthållighetstid. För respektive alternativ för aktiveringsnivå finns ett motsvarande krav på när full aktivering ska vara uppnådd. Dessa alternativ prioriteras likvärdigt vid upphandlingen.

Tabell 2. Alternativ för aktivering av FFR

Alternativ	Frekvensnivå (Hz)	Maxtid full aktivering (s)
A	49.7	1.30
B	49.6	1.00
C	49.5	0.70

1.3 Överleverans vid aktivering

Maximal överleverans i förhållande till förkvalificerad och avropad volym FFR uppgår till 20%, vilket illustreras i Figur 1.



Figur 1. Definition av förkvalificerad FFR kapacitet, överleverans, aktiveringstid samt uthållighetstid.

1.4 Deaktivering

Kraven på deaktivering av enheten/gruppen varierar med vald uthållighetstid i enlighet med tabellen nedan.

Tabell 3. Deaktivering

Alternativ	Krav
Lång uthållighetstid	Inga begränsningar för hastighet vid deaktivering, stegvis deaktivering tillåten
Kort uthållighetstid	Hastighet för deaktivering är max 20% av total förkvalificerad och avropad FFR kapacitet, per sekund.

1.5 Återhämtning och repeterbarhet

Enhet eller grupp som förkvalificerats för FFR och har aktiverats av ett frekvensfall ska vara redo för ny aktiveringscykel inom 15 minuter från aktiveringstidpunkten.

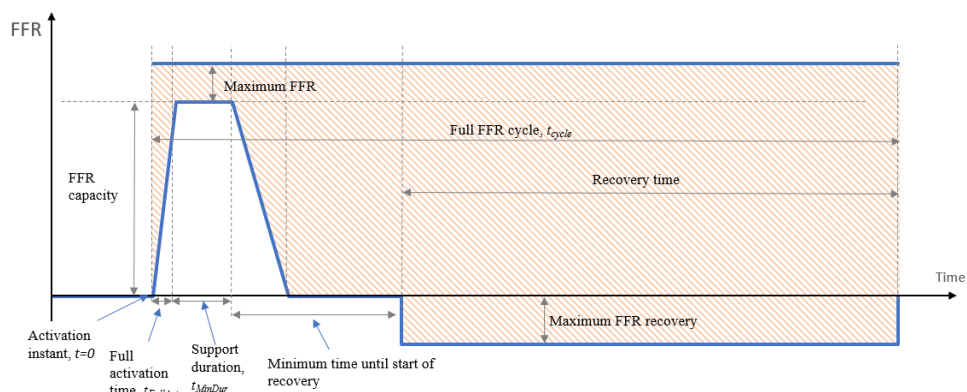
Det finns krav på när återhämtningstiden får påbörjas, enligt följande:

För den korta uthållighetstiden får återhämtning ej påbörjas innan den sammanlagda tiden för aktiveringstid (0,7-1,3 s) plus uthållighetstid (5 s) plus minsta deaktiveringstid (5 s) plus 10 sekunder har förflutit räknat från start för aktivering.

Detta illustreras i Figur 2 nedan.

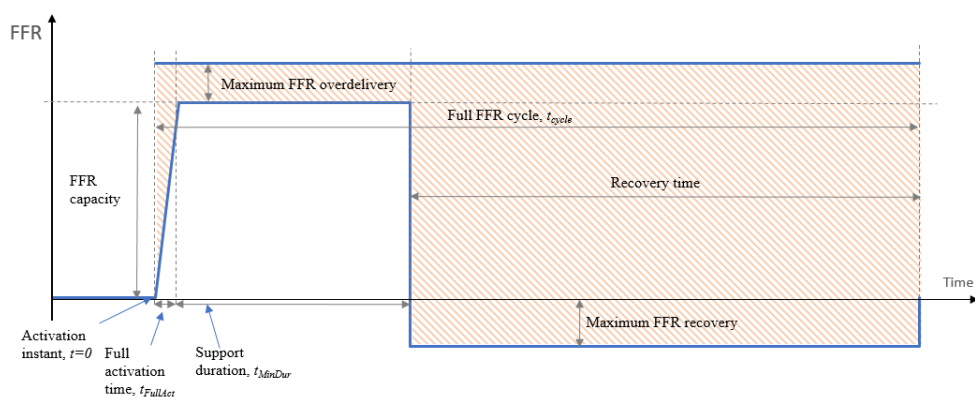
Detta behöver inte påvisas i testerna men är viktigt att känna till för leverantören av FFR efter genomförd förkvalificering.

Testprogram för FFR



Figur 2. FFR återhämtningskrav för kort uthållighet; aktivering vid $t=0$.

För den långa uthållighetstiden får återhämtning ej påbörjas innan den sammanlagda tiden för aktiveringstid (0,7-1,3 s) plus uthållighetstid (30 s) har förflutit räknat från start för aktivering. Detta illustreras i Figur 3 nedan.



Figur 3. FFR återhämtningskrav för lång uthållighet; aktivering vid $t=0$.

1.6 Mätnoggrannhet aktiv effekt

Beroende på storlek på enheten/gruppen så varierar kravet för mätnoggrannhet enligt Tabell 4 nedan.

Tabell 4. Mätnoggrannhet aktiv effekt

Kategori	Märkeffekt	Noggrannhet
1	<2 MW	$\pm 5 \%$
2	2-10 MW	$\pm 1 \%$
3	>10 MW	$\pm 0,5 \%$

2 Planering av förkvalificering

Inför förkvalificeringstester bör följande punkter säkerställas av det ansökande företaget. Vid behov ska kontakt med Svenska kraftnät etableras i god tid.

- > Säkerställ att senaste versioner av samtliga dokument används. Information och dokument återfinns på Svenska kraftnäts hemsida.
- > Säkerställ att den information som efterfrågas i ansökningsformuläret finns att tillgå.
- > Svenska kraftnät har rätt att skicka en observatör till testen. Säkerställ att dialog kring eventuellt närvarande förs i god tid vid test av kapacitet från 50 MW. Information finns på Svenska kraftnäts hemsida. Ansvarig hos Svenska kraftnät kan be leverantören att flytta testtillfället för att deltagande ska kunna vara möjligt för Svenska kraftnäts observatör/driftsäkerhet.
- > Leverantören ansvarar för upplupna kostnader under testet och ska tillhandahålla erforderlig utrustning. Svenska kraftnät ansvarar endast för sina egna kostnader.
- > Säkerställ att eventuella begränsningar har godkänts av Svenska kraftnät innan test inleds.
- > Bestäm vilket kapacitetsintervall som enheten eller gruppen ska förkvalificeras för.
- > Om resurs förkvalificeras för ett intervall ska separata tester utföras för respektive ändpunkter i intervallet.
- > Om resursen endast kan leverera en fix kapacitet behöver resursen endast testas för den nivån. Leverans kan därefter endast ske för den specifika kapaciteten.
- > Kontrollera att nedanstående data kan registreras kontinuerligt under leverans.

Tabell 5. Sammanfattning av minimikrav för mätning och reglering.

	Noggrannhet	Upplösning	Samplingstid
Aktiv effekt	Beroende på relevant kategori enligt tabell 4	0,01 MW	0,1 s
Uppmätt nätfrekvens	10 mHz	10 mHz	0,1 s
Applicerad frekvenssignal	10 mHz	10 mHz	0,1 s

3 Inför genomförande av test

Inför test bör följande punkter kontrolleras.

- > Inställning av enhet eller grupp ska ske så att indata för normal frekvensmätning ersätts av en konstgjord frekvenskälla.
- > Säkerställ att nedanstående data registreras och sparas under testet. Notera också separat instruktion ”Realtidsrapportering av mätvärden för enheter och grupper som levererar FFR”.
- > Säkerställ att utrustning för loggning av data är korrekt tidssynkroniserad.

Tabell 6. Sammanfattning av mätning och loggning under test.

Mätdata	Enhet
Momentan aktiv effekt	MW
Beräknad tillgänglig kapacitet	MW
Tillämpad frekvenssignal	Hz
Aktiverad FFR kapacitet	0/1
Uppmätt laddningsnivå ("State of charge")	%

Utöver ovanstående data ska betydande tillstånd som har inverkan på testresultatet loggas under testet. Sådana data inbegriper men begränsas inte till följande:

För samtliga:

- > Statusidentifiering som anger vilken inställning av kontrollparametrar som är aktiv, om denna kan ändras automatiskt under testet.
- > Utsignal från styrenhet

För vattenkraft:

- > Ledskovelvinkel
- > Löpskovelvinkel (för kaplanturbiner)
- > Övre vattenyta (m.ö.h)
- > Nedre vattenyta (m.ö.h)

För värmekraft:

- > Turbinventilläge

För vindkraft:

- > Vindhastighet [m/s]

För solkraftsanläggningar:

- > Solinstrålning [W/m^2]

För batterier:

- > Laddningsnivå (SOC)

4 Förkvalificeringstest

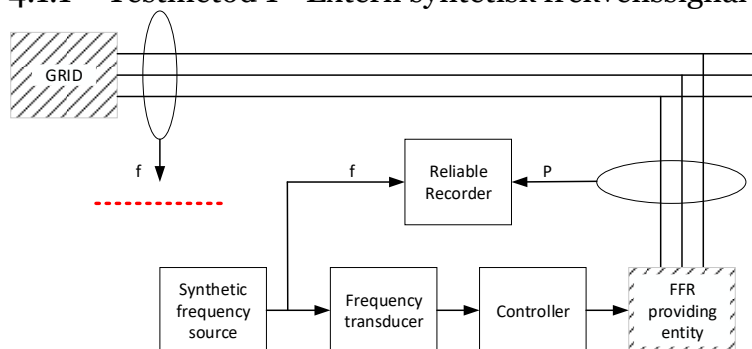
Resultat från test ska redovisas och bifogas i ansökan tillsammans med loggad test-data. Det finns två möjliga testmetoder att använda vid genomförandet av FFR-testerna. Dessutom kan testerna genomföras med stegsvarstest eller rampsvarstest. Vilka tester som behöver genomföras beroende på val av testmetod sammanfattas i tabell 7 nedan.

Tabell 7. Sammanfattning av test som behöver göras beroende på val av testmetod och de olika möjliga kombinationerna vid val av testmetod.

Alternativ 1: Kapacitetstest - Stegsvarstest och Testmetod 1.	Alternativ 2: Kapacitetstest - Stegsvarstest och Testmetod 2.	Alternativ 3: Kapacitetstest – Rampsvarstest och Testmetod 1.	Alternativ 4: Kapacitetstest – Rampsvarstest och Testmetod 2.
Stegsvarstest <u>maxkapacitet:</u> • Testmetod 1 (Sammanlagt ett test)	Stegsvarstest <u>maxkapacitet:</u> • Testmetod 2a • Testmetod 2b (Sammanlagt två test)	Rampsvarstest <u>maxkapacitet:</u> • Testmetod 1 (Sammanlagt ett test)	Rampsvarstest <u>maxkapacitet:</u> • Testmetod 2a • Testmetod 2b (Sammanlagt två test)
Stegsvarstest <u>minkapacitet</u> (om förkvalificering av intervall): • Testmetod 1 (Sammanlagt ett test)	Stegsvarstest <u>minkapacitet</u> (om förkvalificering av intervall): • Testmetod 2a • Testmetod 2b (Sammanlagt två test)	Rampsvarstest <u>minkapacitet</u> (om förkvalificering av intervall): • Testmetod 1 (Sammanlagt ett test)	Rampsvarstest <u>minkapacitet</u> (om förkvalificering av intervall): • Testmetod 2a • Testmetod 2b (Sammanlagt två test)

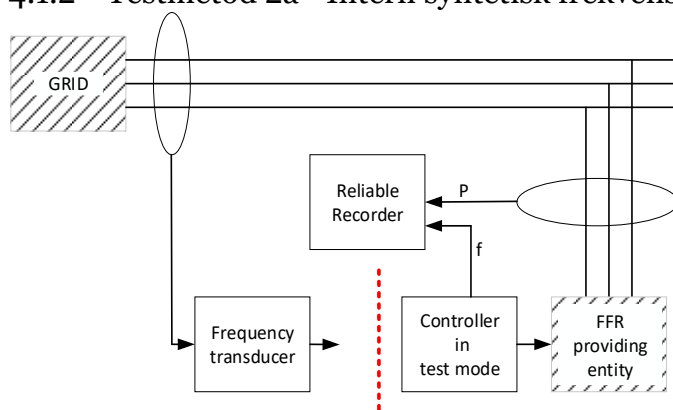
4.1 Testmetoder - Generering av frekvenssignal

4.1.1 Testmetod 1 - Extern syntetisk frekvenssignal



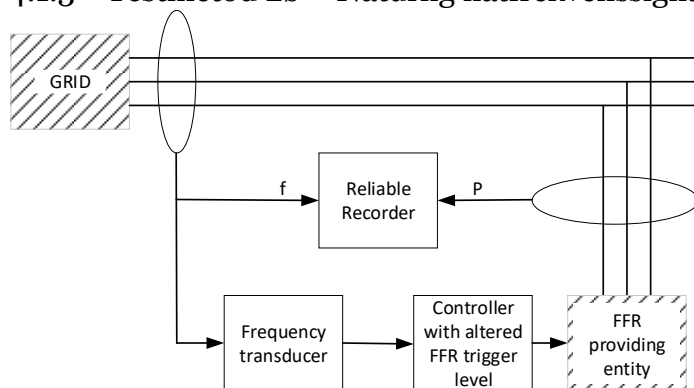
Figur 4. Test med extern syntetisk frekvenssignal där frekvens kommer från extern syntetisk källa.

4.1.2 Testmetod 2a - Intern syntetisk frekvenssignal



Figur 5. Test med intern syntetisk frekvenssignal där syntetisk frekvens kommer från styrsystemet.

4.1.3 Testmetod 2b – Naturlig nätfrekvenssignal som testsignal



Figur 6. Naturlig nätfrekvenssignal som testsignal med vald frekvensaktiveringsnivå.

Testmetod 2b är avsett som ett komplement till testmetod 2a. Testmetoden innebär att triggernivån för aktivering av FFR justeras upp så att resursen kommer att aktiveras av normala frekvensvariationer. Därmed testas alla delar av aktiveringsprocessen utom själva aktiveringsnivån, som testas i testmetod 2a. **I detta test är det**

viktigt att ange i ansökningsformuläret under avsnittet testmetod vilken triggernivå som har valts för att Svenska kraftnät ska kunna utvärdera testresultaten.

4.2 Kapacitetstest

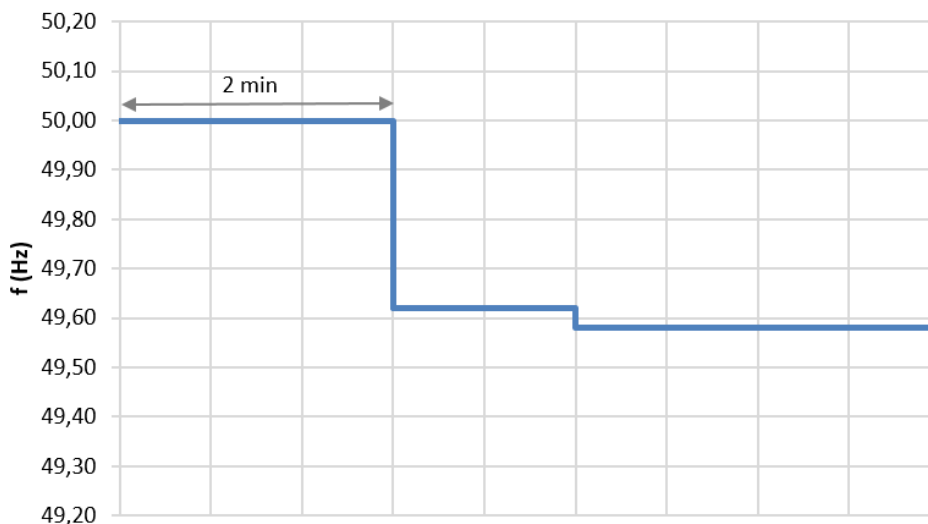
Kapacitetstest ska utföras för samtliga enheter eller grupper.

Utför ramp- eller stegsvarssekvens för frekvens enligt Figur 4 eller Figur 5Figur 6 med vald set-point för aktivering av FFR enligt de alternativ som finns i tekniska krav för FFR. Ramp- eller stegsvaret ska utföras från en startfrekvens i intervallet 49,9–50,1 Hz.

Om förkvalificeringen avser ett kapacitetsintervall upprepa stegsvars- eller ramp-svarstest, samt beräkning av kapacitet och överleverans för ändpunkterna i intervallet, dvs max- och minkapacitet.

4.2.1 Kapacitetstest – Stegsvarstest

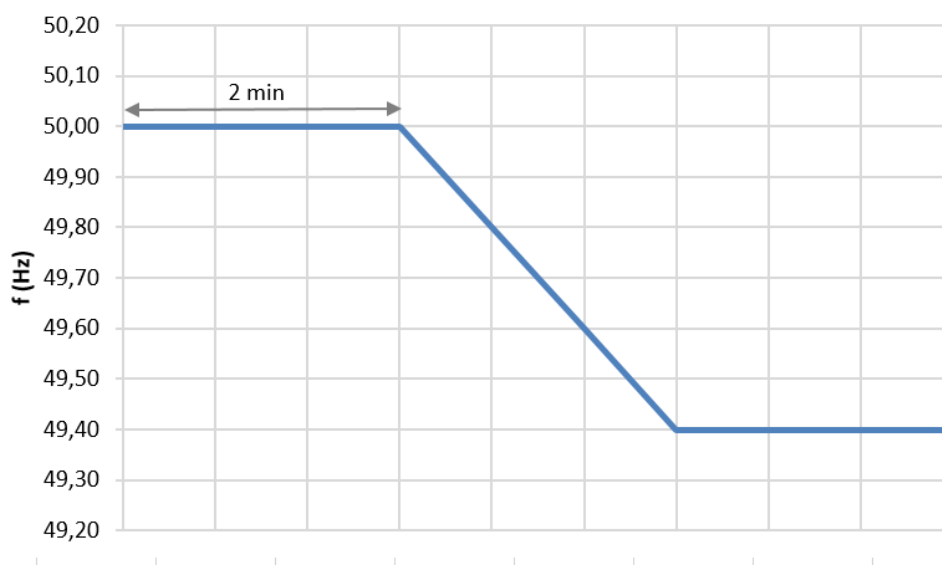
Stegsvarstest utförs från en frekvens i intervallet 49.9 till 50.1 Hz. Två steg används. Figur 7 illustrerar testsekvensen för en aktivering av frekvensen vid 49.6 Hz. I första steget ska frekvensen vara max 0.05 Hz över vald frekvensnivå vid aktiveringen. FFR ska inte aktiveras. I det andra steget ska frekvensen vara aktiveringsfrekvensen eller max 0.05 Hz under denna. FFR ska aktiveras.



Figur 7. FFR stegsvarssekvens, exempel för aktiveringsnivå 49,6 Hz.

4.2.2 Kapacitetstest - Rampsvarstest

När rampsvarstest utförs enligt Figur 8 så är ramphastigheten ej kritisk men får ej vara snabbare än -0,2Hz/s för att det ska vara möjligt att erhålla frekvensnivån vid aktiveringstidpunkten. FFR ska aktiveras inom +/- 0,05 Hz kring setpoint för aktiveringsfrekvensen.



Figur 8. FFR rampsvarssekvens.

4.2.3 Beräkning av förkvalificerad kapacitet

Förkvalificerad FFR-kapacitet är den minsta volym FFR från testad enhet inom tidsintervallet från det att full aktivering uppnåtts till och med hela uthålligheten, Δt_a , illustrerat i Figur 1 **Fel! Hittar inte referensskälla.** och uttryckt matematiskt enligt ekv 1 (variabler förklaras i Tabell 8).

$$C_{PreQual} = \min(|P(t) - P(0)|) \text{ [MW]} \quad [\text{ekv 1}]$$

Tabell 8: Förklaring av variabler använda i ekvation 1.

Variabel	Beskrivning
$C_{PreQual}$	Förkvalificerad FFR kapacitet [MW]
$P(t)$	Aktiv levererad effekt från enhet i [MW] under tiden t
$P(0)$	Baslinje för aktiv effekt (dvs kapacitet om FFR inte aktiveras)
t	Tid under intervallet Δt_a där $t \in \{[t_{FullAct}, t_{FullAct} + t_{MinDur}]\}$
$t_{FullAct}$	Vald aktiveringstid (0,70 eller 1,00 eller 1,30 s)
t_{MinDur}	Vald uthållighetstid för resurs (5 eller 30 s)

4.2.4 Beräkning av överleverans av förkvalificerad FFR

Maximal tillåten överleverans av FFR-kapacitet är 20 % av förkvalificerad FFR-kapacitet, se Figur 1 **Fel! Hittar inte referensskälla.** Överleveransen av FFR är skillnaden mellan maximal levererad FFR i tidsintervallet t_{cycle} (se Figur 2 och 3) och förkvalificerad FFR-kapacitet uttryckt i procent av förkvalificerad FFR-kapacitet. Matematiskt uttryckt enligt ekvation 2 med variabler enligt Tabell 9.

$$FFR_{OS} = 100 \times \frac{\max(P(t) - P(0) - C_{PreQual})}{C_{PreQual}} [\%] \quad [\text{ekv 2}]$$

Tabell 9: Förklaring av variabler använda i ekvation 2.

Variabel	Beskrivning
FFR_{OS}	Överleverans av FFR [%]
$C_{PreQual}$	Förkvalificerad FFR kapacitet [MW]
$P(t)$	Aktiv levererad effekt från enhet i [MW] under tiden t
$P(0)$	Baslinje för aktiv effekt (dvs kapacitet om FFR inte aktiveras)
t	Tid under intervallet där $t \in \{[t_{FullAct}, t_{cycle}]\}$
$t_{FullAct}$	Vald aktiveringstid (0,70 eller 1,00 eller 1,30 s)
t_{cycle}	Tid för att genomföra en hel aktiveringscykel för FFR, inklusive aktivering, deaktivering och återhämtning.

4.3 Aktiv mätning av nätfrekvens

Låt enheten eller gruppen utföra minst 1 timmes aktiv mätning av nätfrekvens.

4.4 Utvärdering av prognoserad budkapacitet och referenseffekt (avser endast variabla resurser)

Om effekten från enheten eller gruppen varierar beroende på omgivningsförhållanden, ska minst 2 månaders loggad data bifogas i ansökan. För mer detaljer se dokumentet *Rapportering av mätvärden för enheter och grupper med variabel produktion och förbrukning*. Insamlad data måste innehålla minst 300 timmar bud. Data som ska loggas och skickas in ska följa angivet format enligt *Rapportering av mätvärden för enheter och grupper med variabel produktion och förbrukning*.

Observera att, beroende av noggrannheten på referensvärdet så kan minskapaciteten komma att justeras vid utvärdering av förkvalificeringsansökan

5 Undantag för 2026 års upphandling av FFR

För 2026 års upphandling av FFR kommer vissa avsteg att tillåtas enligt nedan. Dessa undantag gäller endast för avtalsperioden som 2026 års upphandling omfattar. För kommande avtalsperioder och upphandling kommer nedan krav ej att vara undantagna.

5.1 Krav på realtidskommunikation med Svenska kraftnät

För 2026 års upphandling krävs ingen kommunikation i realtid med Svenska kraftnät, utan leverantören ska istället kontinuerligt logga mätvärden och månadsvis i efterhand sända in loggad data till Svenska kraftnät för verifiering.

Loggning och rapportering ska ske i enlighet med separat instruktion i dokumentet ”Realtidsrapportering av mätvärden för enheter och grupper som levererar FFR”. Sammanfattningsvis ska loggningen innehålla informationen nedan, med samplingstid 0,1 sekunder.

Tabell 10. Signaler för loggning av realtidsmätvärden.

Information	Enhet
Tillgänglig kapacitet FFR [MW]	MW
Uppmätt aktiv effekt [MW]	MW
Uppmätt nätfrekvens	Hz
Aktiverad FFR kapacitet (0 eller 1 där 1 indikerar att FFR har blivit aktiverad)	0 eller 1
Uppmätt laddningsnivå ("State of charge")	%

6 Dataformat

För att Svenska kraftnät så smidigt och objektivt som möjligt ska kunna granska inskickad data är processen för detta delvis automatiserad. Formatering och filnamn ska därför följa specifikationerna i dokumentet ”Rapportering av data för FFR” på Svenska kraftnäts hemsida.