

MARKNADEN FÖR ICKE FREKVENSLATERADE STÖDTJÄNSTER I SVERIGE

RAPPORT 2023:910



FRAMTIDENS ELMARKNADSDESIGN



Marknaden för icke frekvensrelaterade stödtjänster i Sverige

En sammanfattning av en studie genomförd för
programmet Framtidens elmarknadsdesign, FemD

MATS NILSSON

ISBN 978-91-7673-910-5 | © Energiforsk januari 2023

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-mail: kontakt@energiforsk.se | www.energiforsk.se

Förord

Detta rapport "Marknaden för icke frekvensrelaterade stödtjänster i Sverige" är en sammanfattning av en studie genomförd av AFRY för Energiforsks forskningsprogram Framtidens elmarknadsdesign, FemD. Den sammanfattande texten är gjord av Mats Nilsson som är ensam ansvarig för de tillagda referenserna och några av slutsatserna i texten.

Författaren/författarna ansvarar för innehållet.

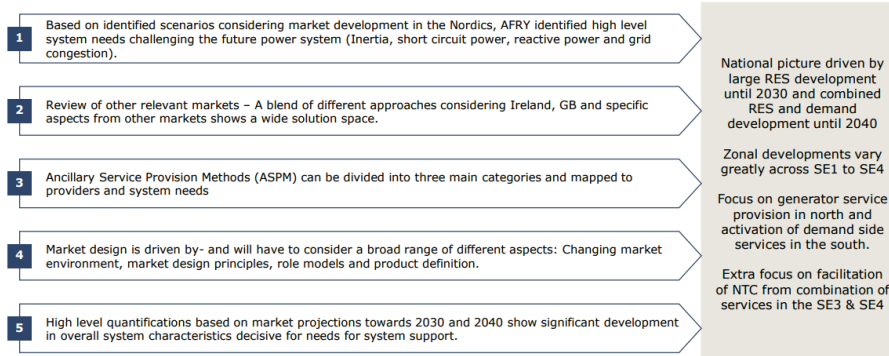
Summary

This report is summarizing a project performed by AFRY on the developing ancillary services markets in Sweden and internationally. The emphasis is on the non-frequency ancillary services. The conclusion is that these markets are essential, will encompass a smaller but necessary part of the ancillary services markets. In the development of the new products some care is needed to decide whether these should develop as markets or regulated products.

This report builds upon a seminar material developed by AFRY. The material can be found at Energiforsk.se. As highlighted in the figure below there is increased need of ancillary services for several reasons.

EXECUTIVE SUMMARY

Key take aways



Forerunners like Ireland and the UK presents empirical examples for possible ways to design the markets and products for the non-frequency ancillary services. One of the important issues is whether these markets need a more regulated approach for pricing and quantities than their parallel frequency ancillary services markets.

Keywords

Ancillary services, stödtjänster

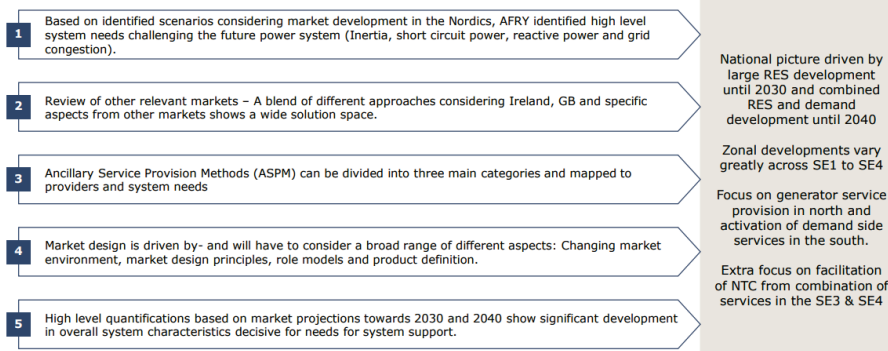
Sammanfattning

Denna rapport sammanfattar det seminariematerial angående stödtjänster som AFRY tog fram på uppdrag av Energiforsks forskningsprogram FemD. Materialet behandlar stödtjänstmarknader i Sverige och internationellt. Tonvikten ligger på icke-frekvensstödjande stödtjänster. En av slutsatserna är att dessa nödvändiga stödtjänstmarknader måste utvecklas i takt med att systemet förändras från att dessa stödtjänster före avregleringen var en del av uppdraget för nyanslutna enheter till att de nu måste vara ett kollektivt åtagande. När dessa nya stödtjänstprodukter och marknader skapas måste hänsyn tas till om dessa bäst lämpar sig för en marknad, eller om det är lämpligare med någon form av reglerad upphandling.

Som figuren nedan visar belyser AFRY utifrån ett antal scenarion vikten av analys och handling på de stödtjänstmarknader som idag saknas.

EXECUTIVE SUMMARY

Key take aways



Föregångare som Irland och Storbritannien är empiriska exempel på hur stödtjänstmarknader kan utformas. En viktig kvarstående fråga är om de nya stödtjänsterna ska utformas som produkter för en fri marknad eller om dessa kräver mer reglering.

Innehåll

1	Introduktion	7
1.1	Förutsättningarna	7
1.2	Stödtjänster	9
1.3	Rapportens upplägg	11
2	Stödtjänsterna i Sverige och internationellt	12
2.1	En ögonblicksbild av stödtjänsterna i Sverige	12
2.2	Kort diskussion om redan existerande marknader	15
2.2.1	UK	15
2.2.2	Irland	18
2.2.3	Forskning	19
3	Marknadsdesign för stödtjänstprodukter	22
3.1	Coase – marknad eller upphandling	22
3.2	En myndighetsnärvaro krävs	22
4	Källor	23

1 Introduktion

Den svenska elmarknaden har förändrats med en struktur som i dag innehåller en större andel vindkraft, och totalt sett en lägre volym baslast i form av kärnkraft. Detta ställer krav på utvecklingen av kringliggande tjänster för att upprätthålla kraftsystemets tekniska prestanda. Denna korta rapport sammanfattar ett arbete som AFRY utfört på uppdrag av FemD.

1.1 FÖRUTSÄTTNINGARNA

Svårigheten med att förutsäga hur mycket av en vara eller tjänst som kan behövas är välkänd. Oftast hanteras denna osäkerhet genom att med utgångspunkt i olika situationer analytiskt försöka förstå hur utvecklingen av några identifierade faktorer påverkar på det som ska studeras. I AFRYs analys fanns tre sådana scenarios.

För det första arbetar AFRY med tre nivåer på elpriser, låg, mellan och höga. Dessa uppstår som utfall av olika marknadsvillkor som driver marknaden. Drivkrafter i analysen för elmarknaden är bekanta.

För det första spelar tillväxten roll. Tillväxtfaktorn ligger från 0,2 – 2,2%. Det är delvis kontroversiellt att ha med något som kan tolkas som nolltillväxt som ett långsiktigt villkor. Men detta förekommer i debatten av seriösa forskare fr.a. med koppling till klimatforskning.¹ Scenariot med låg tillväxt är dock inte huvudscenario i denna studie.

När det gäller kostnadsutvecklingen för de tekniker som vi tror kommer att vara viktiga de närmaste 25 årens elmarknad följer den en logik mellan kostnader för produktion och elprisernas utveckling. I fallet med höga elpriserna förutsätts kostnaderna inte fortsätter att minska lika snabbt som historiskt (gäller fr.a. vind och solkraft). Det vill säga elpriserna kan således inte sjunka eftersom kostnaderna inte sjunker. Lågrprisscenariot antas en fortsatt kostnadsminskning.

Hur vi kommer att hantera växthusgaserna kommer att kunna få en avgörande betydelse för elprisernas utveckling. Således kommer ett scenario med ambitiösa mål för CO₂-utsläppsminskningar att leda till högre elpriser.

Slutligen spelar omfattningen och innehållet i samhällets elektrifiering roll. I viss utsträckning kan vi också tänka oss att det har betydelse för elmarknaden om vi får en utveckling av t.ex. transportsektorn som domineras av elfordon eller om det blir stora inslag av vätgas.

Scenarios för denna studie sammanfattas i figur 1.

¹ <https://www.svd.se/a/kJbnQa/onsketankande-med-gron-tillvaxt-vi-maste-agera>

Scenario	Focus in this study		
	High	Central	Low
Price Outcome			
Price outcome €/MWh	Electricity prices towards the upper limit of plausible expectations	Our best view of future electricity prices	Electricity prices towards the lower limit of plausible expectations
Scenario Drivers			
Economic growth 	Strong 2.2% per annum for Europe	Moderate 1.2% per annum	Weak 0.2% per annum
Technology costs 	High end of current estimates, with a less rapid decline	Central starting point, with a moderate rate of decline	Low end of current estimates, with a more rapid decline
Decarbonisation CO ₂	Higher ambition (-95% on 1990 economy-wide levels by 2050)	Central ambition (-85% on 1990 economy-wide levels by 2050)	Lower ambition (-75% on 1990 economy-wide levels by 2050)
Heat and transport 	High uptake of electric heating and vehicles, with more rapid deployment	Central uptake, with moderate deployment rates	Lower uptake, with less rapid deployment and more hydrogen

Figur 1. Scenarios för framtidens elmarknad

Källa: AFRY.

1.2 STÖDTJÄNSTER

Marknader för stödtjänster har kommit i fokus allt eftersom ett förändrat kraftsystem skapar nya former av knapphet. Före avregleringen kan vi förenklat säga att man vid anslutning av ny produktion gjorde en analys av vad som krävdes *i helhet*. Detta betydde att man vid anslutning av fr.a. ny produktion försökte avgöra vad denna produktion skulle bidra med förutom produktionen av energi. Därför kunde systemansvariga "kräva" att en ny kärnkraftsanläggning också skulle bidra med reaktiv effekt för att få ansluta till nätet.

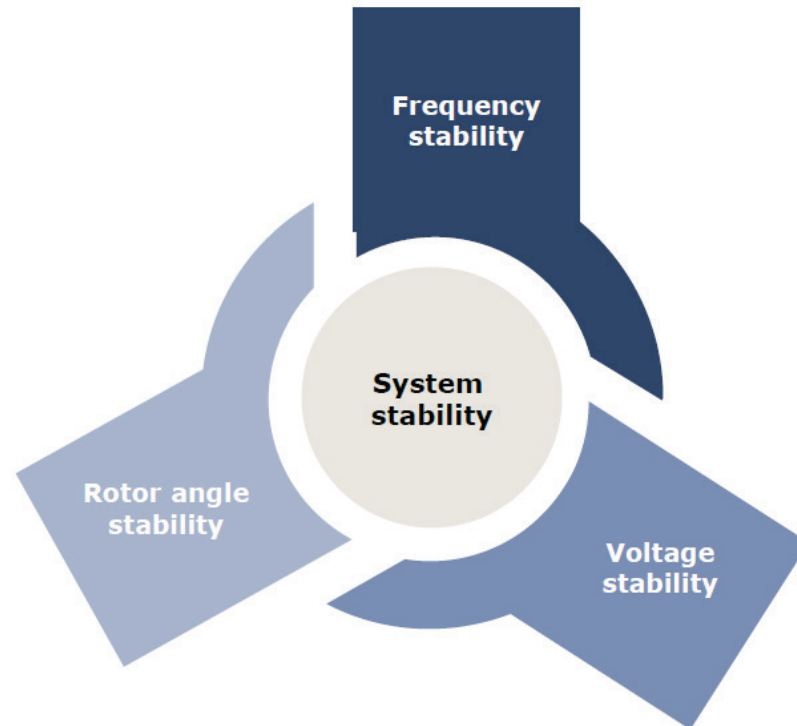
Efter avregleringen försvann detta helhetstänk och sakta men säkert ökade knappheten på tjänster som svängmassa (rotationsenergi, inertia) men de senaste åren också på icke frekvensrelaterade tjänster. Det finns dock exempel på att man fortfarande kan ställa krav, t.ex. den finska kärnkraftsreaktorn Olkiluoto 3 som är den största enskilda produktionsenheten på det nordiska nätet, 1500 MW. Om den får ett fel blir bortfallet så stort att det är svårt att motverka. För att systemoperatören ska klara ett sådant bortfall har Olkiluoto 3 ett åtagande som innebär att de garanterar 300 MW efterfrågereduktion när de får ett fel som innebär ett produktionsstopp.

De stödtjänster som utvecklats har varit de frekvensrelaterade stödtjänsterna. Detta är i sig naturligt och kan *mycket* översiktligt förklaras med att utbud och efterfrågan i varje ögonblick måste vara mer eller mindre exakt lika stor. I de fall utbudet överstiger efterfrågan höjs frekvensen och vice versa. Att ha fokus på åtgärder som upprätthåller frekvensen inom ett intervall runt 50 hertz har således fortsatt att vara viktigt efter avregleringen. Utan en väl fungerande frekvensreglering blir konsekvenserna direkt synbara. Detta har sannolikt också varit drivande när dessa marknader utvecklats i takt med förändringarna i kraftsystemets underliggande produktionsstruktur.

De stödtjänster som hittills varit mer eller mindre baserade på anslutningsavtal, t.ex. reaktiv effekt eller dödnätsstart har inte utvecklats i takt med behoven, eller i vissa fall inte alls.

Vi kan förenklat säga att vi behöver ta hänsyn till tre tekniska/fysikaliska storheter för att upprätthålla överföringskapacitet och god kvalitet på den el som levereras, se figur 2.

POWER SYSTEM STABILITY



Figur 2 Tre typer av tekniskt viktiga storheter för kraftsystemet

Källa AFRY

Vi har således någorlunda väl fungerande marknader för frekvensstabilitet men saknar marknader och incitament för övriga nödvändiga tjänster och produkter.

För att upprätthålla att spänningen i ett nät hålls inom vissa säkerhetsgränser krävs *reaktiv effekt*. Denna stödtjänst garanterar att elektrisk utrustning fungerar (och kan fortsätta göra det).² Historiskt har vi i Sverige inte haft behov av att explicit utforma produkter för detta bland annat på grund av att de större anläggningar som anslutits har haft krav på att leverera detta. Med nedläggningarna av de 6 kärnkraftsblocken har dock behovet av detta synliggjorts.

Reaktiv effekt är en lokal produkt eftersom VARS (VoltAmpere reaktiv, enheten för reaktiv effekt) inte går att transportera långa sträckor. Detta innebär också att behovet av denna produkt delvis avgörs lokalt av den produktionsmix som utgör dagens och det framtida kraftsystemet. Det är dock relativt lätt att mäta produktionen av reaktiv effekt så varje producents bidrag till detta torde vara lätt att avgöra.

Art 31 i nätverkskoden för *system operations* definierar den icke-frekvensrelaterad stödtjänsten i elmarknadsdirektivet *kortslutningsström, eller felströmsinmatning*.³

² Svenska kraftnät har en utmärkt beskrivning av denna potentiella stödtjänstprodukt i Svenska kraftnät (2021).

³ Svenska kraftnät föreslår benämningen *felströmsinmatning* för denna stödtjänst. (Svenska kraftnät 2021).

”Felströmsinmatning som förmåga innebär en mycket snabb inmatning av ström i syfte att påverka spänningen under eller direkt efter ett fel, till exempel en kortslutning” (Svenska kraftnät 2021). Kortslutningsström är en indikator för spänningskvalité. Detta är en geografiskt mycket avgränsad produkt. Detta gör att den liksom de övriga icke frekvensrelaterade produkterna måste upphandlas endera på en lokal marknad eller genom direkta upphandlingar.

Förmåga att tillhandahålla kapacitet för *dödnätsstart* definieras som en stödtjänst i EU:s förordning 2019/2196 om fastställande av nätföreskrifter för nödsituationer, (*emergency restoration code*, förkortas ER). Denna stödtjänst har dock funnits historiskt och kan anses vara en del av redan existerande systemkostnader. Det är dessutom en relativt oansenlig kostnad varför endast liten hänsyn tas till denna i den här rapporten

Förmåga till ö-drift nämns också i ER. Ö-drift kan förenklat sägas vara en kapacitet att lokalt upprätthålla kraftsystemet när ett större sammanbrott inträffat. Här finns ett intressant prejudikat i och med Svenska kraftnäts finansiering av Stockholm Exergis ö-driftsförmåga. Möjligheterna att med en ökad ö-driftsförmåga skapa ett robustare kraftsystem i elområde eller mindre region kan vara en väsentlig del av framtidens stödtjänstmarknader. Detta diskuteras dock inte i denna rapport.

Det som saknas i Sverige är marknader (eller för all del i förekommande fall upphandlingar) för de icke spänningsrelaterade tjänsterna. Internationellt har det på vissa marknader länge funnits stödtjänstprodukter för t.ex. reaktiv effekt. AFRY har därför kort beskrivit några av dessa marknader.

1.3 RAPPORTENS UPPLÄGG

I resten av rapporten är fokus på icke frekvensrelaterade stödtjänster. Det kommer dock att bli svårt att göra en absolut åtskillnad då dessa delvis levereras vid samma tillfälle. Ett kärnkraftverk som levererar reaktiv effekt bidrar t.ex. med rotationsenergi på samma gång. Detta faktum att många tjänster levereras vid samma tidpunkt är en försvårande omständighet både i konstruktion av stödtjänstprodukter såväl som vid uppskattningen av den ekonomiska storleken av en stödtjänstmarknad.

2 Stödtjänsterna i Sverige och internationellt

Stödtjänster inbegriper tjänster såsom balansering av utbud och efterfrågan, frekvensreglering, spänningsreglering, dödstartsförmåga och ödriftsförmåga. De tjänster som explicit behövs har upphandlats av systemoperatören. Däremot saknas stödtjänster för icke frekvensrelaterade produkter. Det svenska kraftsystemet står därmed inför nya utmaningar det närmaste decenniet.

En diskussion kring elmarknadens stödtjänster startar vanligtvis med de fysiska förhållande och naturlagar som styr (see till exempel Kirchen and Strbac, 2019, p.141ff eller Creti and Fontini, 2019, p.185ff. Stoft (2002) ger en mer verbal beskrivning. Krav på att utbud och efterfrågan ska vara lika i varje ögonblick, samt tekniska krav på frekvens och spänning ger i tillägg till de rena energileveranserna upphov till ett antal tjänster. Det är dessa tjänster vi benämner stödtjänster.

2.1 EN ÖGONBLICKSBILD AV STÖDTJÄNSTERNA I SVERIGE

Vi har noterat att det finns behov av ett antal olika typer av tjänster för att säkerställa att kraftsystemet fungerar som önskat. Figur 3 sammanfattar dagens situation för dessa marknader i Sverige.

Ancillary service type	Service type		Sweden's ancillary service adoption
Frequency support	Fast Frequency Reserve (FFR)		Market based, pilot market
	Frequency Containment Reserve (FCR)	FCR-N	Market based, platform Fifty Nordic MMS.
		FCR-D	Market based, platform Fifty Nordic MMS.
	Frequency Restoration Reserve (FRR)	aFRR	Market based, platform Fifty Nordic MMS.
		Reglerkraftsmarknaden (RKM)	Market based, platform Fifty Nordic MMS.
		Rapid active disturbance reserve	Market based, capacity market. SE3 and SE3
		Strategic power reserve	Market based, capacity market. SE3 and SE4
	Replacement Reserve (RR)		No adoption
Voltage support	Fast Voltage Control		Rule based, connection contracts and grid codes
	Normal Voltage Control		Rule based (connection contracts and grid codes) and tariff regulated
System restoration	Black Start		Market based
	Islanding		Rule based, grid codes
Other services	System Stability Services		Rule based, grid codes
	Power Flow/Congestion Management		Market based, platform RKM and rapid active disturbance reserve
	Power Quality Services (PQS)		Rule based, standard EN 61000-4-30:2015



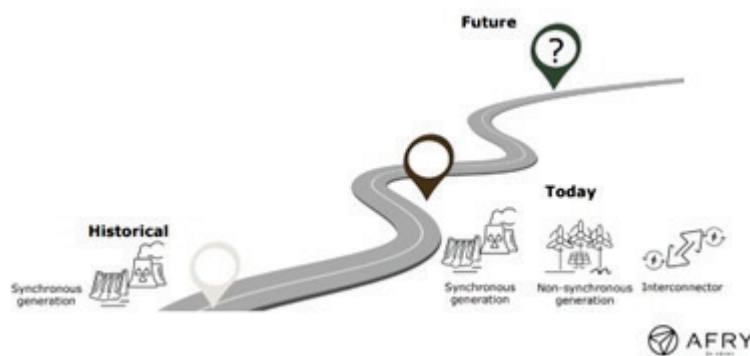
Figur 3 Marknaderna för stödtjänster i Sverige

Källa: AFRY

I figur 3 kan vi utläsa några intressanta fakta. Marknaden för stödtjänster kan vara baserad på en marknad eller baseras på ett regelverk. De regelbaserade tjänster utgår ifrån europeiska regelverk i form av s k nätverkskoder.

Det finns vilket tidigare nämnts en tämligen väl utvecklad marknad för frekvensrelaterade stödtjänster. Dessa kan sägas ha utvecklats evolutionärt med behoven ett förändrat kraftsystem orsakat. Det kan institutionellt ha varit viktigt att ett tydligt ansvar för väl fungerande marknader på detta område legat hos Svenska kraftnät.

Om vi vänder blicken mot reaktiv effekt har kraftsystemets underliggande struktur bäring på den knapphet som nu uppstått. Utvecklingen från basproduktion med systemet synkrona generatorer i form av vattenkraft och kärnkraft till ett system med en stor andel asynkrona generatorer (fr.a. vindkraft) har lett till en brist (utvecklingen visas i figur 4.).



Figur 4. Underliggande kraftsystemets utveckling som en förklaring till utvecklingen av produktionen av stödtjänsten "reaktiv effekt".

Det svenska kraftsystemet var före 1996 stabilt och man kan förenklat säga att de icke frekvensrelaterade stödtjänster som behövdes levererades implicit av de stora kraftproducenterna. Framför allt bidrog kärnkraften i syd- och mellansverige med tjänster som rotationsenergi (svängmassa/inertia), reaktiv effekt och kortslutningsström. När marknaden avreglerades saknades dessa implicita stödtjänster på dagordningen då det fanns ett överskott. Med nedläggningar av kärnkraftverk och en ökande andel förnybar kraftproduktion har dock en knapphet på dessa tjänster uppstått.

Vi behöver kanske påminnas om att det stamnät som byggts upp över hundra år är optimerat för de anläggningar och den lastsituation som fanns före 1996. Om vi talar om "tryckpunkter", dvs kraftsystemtransformatorer med inmatning, som tidigare låg rätt i förhållande till lasten så kan dessa inte ersättas med elproduktion på en ny plats. Det är alltså inte likvärdigt att ersätta ett kärnkraftsblock i Ringhals (i SE3) med annan produktion i norra Norrland (SE1).⁴

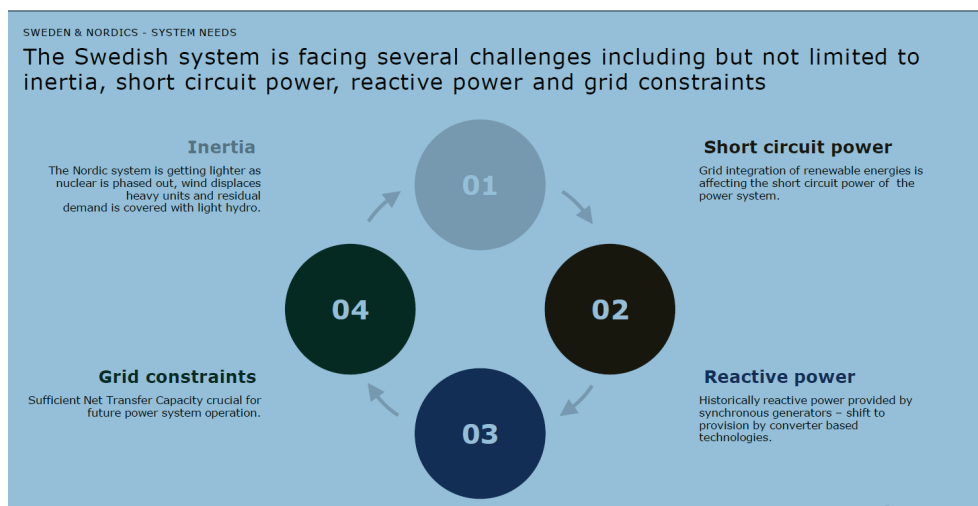
Här kan utvecklingen ha hämmats av att det varit regelbaserat, med i första hand fokus på de stora anläggningarna, vad som ska tillhandahållas. Det fanns

⁴ Resonemanget är förenklat utifrån information jag erhållit i intervjuer med Vattenfall och Svenska kraftnät.

egentligen inga tydliga krav på reaktiv effekt på en marknad jämförbara med de vi har för frekvensen. Många av de för systemet nödvändiga tjänsterna tillhandahålls gratis och i avsaknad av en marknad förekom väldigt litet diskussion om hur rätt nivåer av dessa skulle upprätthållas. Det svenska kraftsystemet tycks också ha haft mycket goda marginaler vad det gäller för kraftsystemet tekniska prestanda.

Givetvis är inte en marknad en förutsättning för att knapphet skall kunna upptäckas i tid. Om det funnits, på systemnivå, ordentliga krav på, och sätt att analysera behoven av reaktiv effekt, hade åtgärder för att säkerställa rätt mängd reaktiv effekt ändå kunnat garantera detta. Så var dock inte fallet i Sverige.

Det svenska kraftsystemet möter flera utmaningar på stödtjänstområdet, se figur 5 för en sammanfattning.



Figur 5. Några utmaningar på den svenska marknaden för stödtjänster.

Källa: AFRY

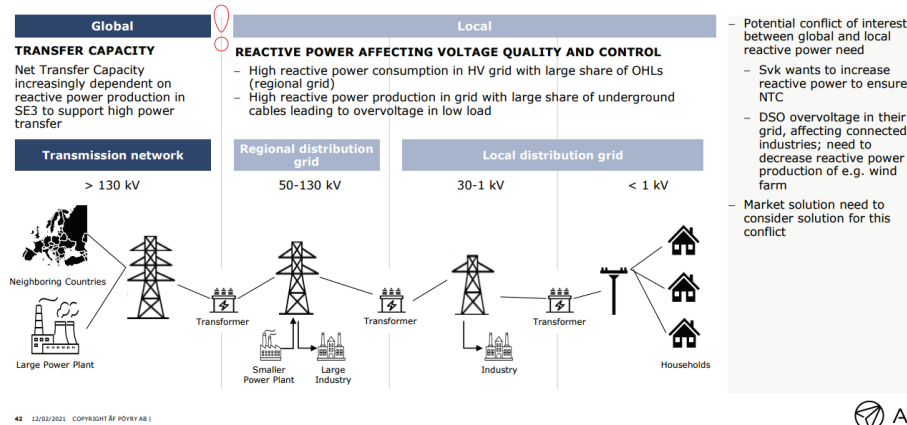
Förutom de mer välkända flaskhalsproblemen och problemen med för litet svängmassa (inertia) som inte denna rapport berör så har en knapphet när det gäller felströmsinmatning och reaktiv effekt uppstått.

En märkbar konsekvens av den nu uppkomna knappheten är att utnyttjandet av befintlig stamnätskapacitet gått ner med nedläggningarna av svensk kärnkraft. Delvis har detta påverkat prisskillnaderna mellan elområdena i Sverige.

När det gäller upphandling och marknader för reaktiv effekt påtalar AFRY den konflikt som kan finnas mellan spänningsnivåer, se figur 6 för ett schema över denna konflikt.

SWEDEN & NORDICS – SYSTEM NEEDS

Potential conflict of interest between global and local reactive power needs -
Market solution need to consider solution for this



Figur 6 Potentiell konflikt mellan spänningsnivåer vid upphandling av reaktiv effekt.

Källa: AFRY

Svenska kraftnät behöver reaktiv effekt för att upprätthålla transmissionskapaciteten medan lokalnätsbolagen samtidigt kan vilja sänka den reaktiva effekten för att undvika överlast. Detta innehåller således en potentiell konflikt som en lösning på bristen av reaktiv effekt i stamnätet måste beakta.

2.2 KORT DISKUSSION OM REDAN EXISTERANDE MARKNADER

Det finns marknader som tidigare än den svenska elmarknaden endera har stött på problemen eller varit mer förutseende än beslutsfattarna på den svenska elmarknaden. Vi ska i korthet diskutera dessa och avsluta med några insikter från nutida forskning.

2.2.1 UK

Den engelska elmarknaden var en av de första att på allvar avregleras. Denna marknad var tidigt dominerad av kol men har genom en ambitiös satsning på fossilfri kraft brutit kolberoendet. Produktionen domineras idag av gas-, vind- och kärnkraft. De stora framtidssatsningarna tycks idag vara på havsbaserad vindkraft, samt på kärnkraft.

UK är intressant då de ansett att systemoperatörsansvaret på framtidens elmarknad är så pass viktigt att man velat frikoppla det från ansvaret att driva och utveckla stamnätet. UK har därför en separat systemoperatör.

Systemoperatören ansvarar för den dagliga driften vilket då inbegriper balanskraftsmarknad och frekvensmarknader, se figur 7. Men den brittiske systemoperatören köper också upp reaktiv kraft. Här kan det vara viktigt att notera att det sker via en upphandling med ett förutbestämt pris. Mer om detta i avsnittet om forskningen kring marknaden för reaktiv effekt.



OTHER RELEVANT MARKETS & SOLUTIONS - GREAT BRITAIN

NG ESO undertakes residual balancing, taking market position as starting point, and keeps system balanced second by second

Service	Role of NG ESO
Balancing market	- NG ESO works to minimise the costs by accepting Bids/Offered based on the real-time system needs. - Offers increase generation/reduce demand, Bids reduce generation/increase demand.
Frequency response	- NG ESO controls system frequency by holding sufficient generation/demand in readiness to manage any events that may result in frequency variation, with the service looking to arrest changes in frequency. - All frequency response services providers measure frequency as their input signal and act automatically based on their setting to look
Reserve	Beyond initial frequency response service, NG ESO send instructions to reserve providers (STOR and/or fast reserve) to control frequency changes in the event of sudden and unpredictable power supply/demand variations.
Reactive power	Reactive power affects the system voltage. The key demand driver is absorption of reactive power that is generated by network assets when demand is low (summer, overnight). Reactive power has historically been procured through an obligatory service with a defined price calculated by NG ESO.
Black start	NG ESO procures this service to reenergise the system in the event of a partial/full system shutdown of the national electricity transmission system. Service requires the provider to start up its main generator(s) in order to allow for initial energisation of sections affected during a black start event.
Transmission constraint management	- NG ESO is responsible for taking balancing actions on different parts of the transmission network to deal with system operability issues and network constraints. - NG ESO procures this service from potential providers via bilateral contracts to match each requirement, rather than following a regular timetable.

58 2019-12-10 | COPYRIGHT AF PÖVRY AB | GB AND IRELAND ANCILLARY SERVICES



Figur 7 sammanfattning av de stödtjänstmarknaderna som handhas av den brittiske systemoperatören (NG ESO)

Källa: AFRY

Uppdelningen för stödtjänstprodukter är i en teknisk del som fastställs i nätkoder (grid codes) medan så kallade tekniska krav (Technical standards) fastställer villkoren för avtalen, se figur 8.

Det finns en logik i att dela upp dessa två. Tekniskt är det relativt lätt att mäta hur mycket av tjänsten ”reaktiv effekt” som tillhandahålls av varje producent. Det är också relativt enkelt att specificera de tekniska villkoren för leverans.

Eftersom reaktiv effekt är en lokal tjänst så uppstår potentiellt problem med konkurrensen på säljsidan. Köparsidan är ett monopson så det uppstår risk för till exempel opportunt beteende⁵ eller att för litet upphandlas för att hålla nere priserna. Med sådana tjänster kan det därför vara svårt att ha en helt oreglerad prissättning eller val av kvantitet utan någon form av reglering kan behövas för att skydda både köp- och säljsidan. Om tillhandahållandet av reaktiv effekt skulle kunna lösas genom investeringar i utrustning kan långa kontrakt (kanske tio år) vara ett sätt att uppmuntra till denna typ av investeringar.

⁵ Se Williamson 1985 för en vidare genomgång av detta beteende på en marknad.



OTHER RELEVANT MARKETS & SOLUTIONS - GREAT BRITAIN

Grid Code sets out technical standards while licence condition underpins principles NG ESO needs to adhere while procuring balancing services

Grid Code administered by		Standard Licence Condition (SLC 16) administered by
Section	Technical requirements of Balancing services	Procurement and use of balancing services
CC.8.1	requirements to provide system ancillary services	co-ordinate and direct the flow of electricity efficiently
CC.8.2	requirements to provide commercial ancillary services under an ancillary services agreement/bilateral agreement	not discriminate as between any persons or classes of persons in its procurement or use of balancing services.
CC Appendix 3	Minimum frequency response requirement profile and operating range for new power stations and DC converter stations	prepare statements setting out the kinds of balancing services which it may be interested in purchasing, bought or acquired
ECC.6.3.7	requirements for providing Frequency response (capability of changing active power)	prepare a statement setting out criteria for the selection of the balancing services to be used
Appendix E3	Minimum frequency response capability requirement profile and operating range for power generating modules and HVDC equipment	establish a balancing services adjustment data methodology, determine and provide the costs and volumes of the relevant balancing services in compliance with this methodology
BC3	the procedure to use in relation to EU Code Users and GB Code Users to undertake System Frequency control	establish an applicable balancing services volume data methodology
		provide any information request by the Authority concerning the procurement and use of balancing services

65 2019-12-18 | COPYRIGHT © PÖRY AB | GB AND IRELAND ANCILLARY SERVICES



Figur 8. Tekniska vs kommersiella villkor för upphandling av stödtjänster i UK

Källa: AFRY

I figur 9 sammanfattas villkoren för dödnätsstart, reaktiv effekt och en flaskhalshanteringstjänst som inte vidare hanteras i denna sammanfattande rapport.



OTHER RELEVANT MARKETS & SOLUTIONS - GREAT BRITAIN

Black Start, Reactive Power and Transmission Constraint Management are geographically defined system services

	Black Start	Reactive Power	Transmission Constraint Management
Service	Assets must meet specific technical characteristics to provide service	Mandatory provision of varying reactive power output	Geographically defined service, so only certain providers will be able to deliver service
NG ESO requirements	Exact requirements unknown, tenders are locational with bespoke assessments to determine providers	Transmission connected plants (over 50MW) are required to provide reactive power	Requirements are specific to the network need and depend on the specific condition
Technical requirements / assessment criteria	- Transmission connected preferred - Larger active (MW) output preferred - Contribution to inertia and quick ramp up characteristics favourable	- Capability to supply rated power output (MW) between limits 0.85 power factor lagging and 0.95 power factor leading - Keep reactive power output under steady state conditions available within voltage range $\pm 0.5\%$	- Specific technical requirements for each service is outlined when a condition is identified - Specific service times and dates - MW output - Ramp rates and reactive capabilities
Procurement	Historically bi-laterally negotiated, no regular timetable for procurement. Moving to competitive procurement.	Via a mandatory services agreement (MSA). Not tendered, no regular timetable for procurement.	Ahead of time contracts, via ad-hoc tendering (with sufficient competition) or bilateral contracts. No regular timetable for procurement.
Value	Payment structure depend on the type of generating unit. Availability payment £/settlement period	Paid via default payment mechanism for utilisation in £/MWVarh	Payment structure depend on the constraint management contract. Utilisation fee £/MWh; Fixed £/settlement period fee

XXX
62 2019-12-18 | COPYRIGHT © PÖRY AB | GB AND IRELAND ANCILLARY SERVICES

Figur 9. Marknaden för dödnätsstart (black start) ock reaktiv effekt (reactive power) i UK

Källa: AFRY

Dödnätsstart är en tjänst som avses användas mycket sällan. De tekniska villkoren handlar därför om vad som avses levereras och hur man säkerställer kapabilitet att faktiskt leverera den tjänst som efterfrågas när den efterfrågas. Detta är upphandlingar som sker bilateralt där större anläggningar föredras framför

mindre, och där anläggningar som kan bidra till andra tjänster föredras framför anläggningar som "bara" har dödnätsstartförmåga.

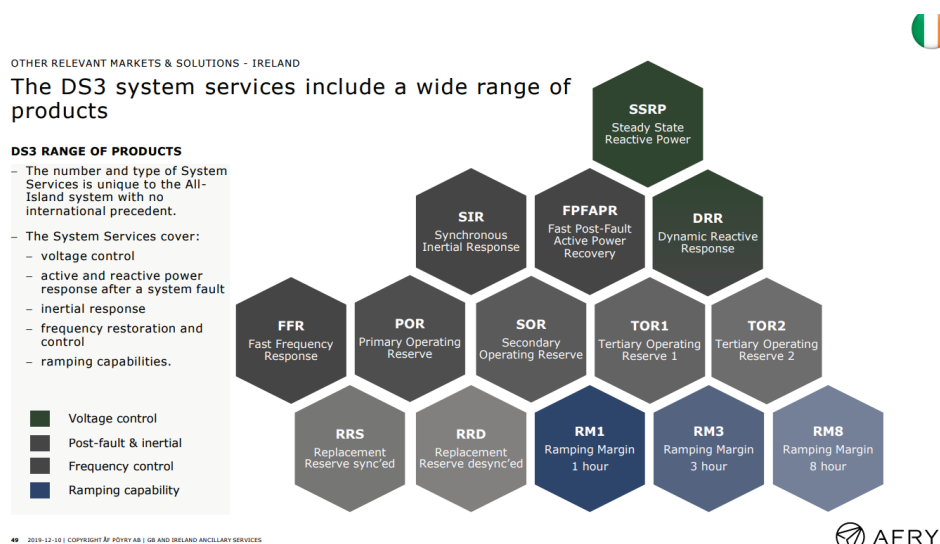
När det gäller den reaktiva effekten så är anläggningar större än 50 MW installerad effekt tvungna att delta. Detta liknar den anslutningsbaserade lagstiftning som gällt i Sverige. Dock betalas en förutbestämd summa per MVARh ut till anläggningarna. Även denna stödtjänst upphandlas under reglerade former, dvs det finns ingen egentlig marknad för reaktiv effekt.

2.2.2 Irland

Irland är en ö med ett relativt litet kraftsystem. Övergången från fossila till förnybara anläggningar måste i stort sett ske utan att irländarna kunde räkna med hjälp från kringliggande länder (jmf t.ex. med Danmark som kan balansera sitt system med hjälp av svensk och norsk vattenkraft, och som på Jylland får hjälp med svängmassa då de är sammankopplade med det stora kontinental systemet). Irländarna med den irländske systemoperatören Eirgrid skapade därför tidigt programmet "Delivering a secure, sustainable Electricity system", DS3.

Som åskådliggjordes i figur 4 har andelen asynkrona generatorer i kraftsystemet ökat. Synkrona generatorer har (enligt Eirgrid) kännetecknats av planerbarhet och tillförlitlighet. Detta har framförallt varit fossila kraftanläggningar. De asynkrona anläggningarna saknar planerbarhet och de saknar tillförlitlighet. Dessa anläggningar är framför allt sol- och vindkraft. Utmaningen i DS3 har därför varit att ersätta den mängd stödtjänster som synkrona generatorer bidrar med.

DS3 har kommit att innefatta en mängd stödtjänstprodukter, se figur 10.



Figur 10. Marknaden för stödtjänster på Irland, det så kallade DS3-programmet.

Källa: AFRY

Sannolikt har (den ringa) storleken på det irländska kraftsystemet påverkat utformningen av stödtjänstmarknaderna. För alla produkter, inklusive frekvenstjänsterna finns ett fast pris, se figur 11. Det som kan vara intressant för svensk del är att de irländska reglerade priserna ger en indikation om stödtjänstens

värde. Det är dock viktigt att minnas att behovet på Irland av vissa stödtjänster är mer accentuerat, och att det överenskomna priset sannolikt ska ses som en övre gräns för vad priset skulle bli på den svenska marknaden.

PAYMENT RATE

- A “fixed” base tariff is used for each product, which is combined with the different scaling factors.

Product	Unit	Rate (€/unit)
Steady-State Reactive Power (SSRP)	MVarh	0.23
Synchronous Inertial Response (SIR)	MWs2h	0.0050
Primary Operating Reserve (POR)	MWh	3.24
Secondary Operating Reserve (SOR)	MWh	1.96
Tertiary Operating Reserve – 1 (TOR1)	MWh	1.55
Tertiary Operating Reserve – 2 (TOR2)	MWh	1.24
Replacement Reserve – Synchronised (RRS)	MWh	0.25
Replacement Reserve – Desynchronised (RRD)	MWh	0.56
Ramping Margin 1 (RM1)	MWh	0.12
Ramping Margin 3 (RM3)	MWh	0.18
Ramping Margin 8 (RM8)	MWh	0.16
Fast Post-Fault Active Power Recovery (FPFAPR)	MWh	0.15
Dynamic Reactive Response (DRR)	MWh	0.04
Fast Frequency Response (FFR)	MWh	2.16



Figur 11. Betalning för stödtjänster på Irland

Källa: AFRY

2.2.3 Forskning⁶

Anaya och Pollitt (2020) har gjort en översikt över marknader för framför allt stödtjänsten reaktiv effekt. Deras slutsats är att det alltid kommer att vara svårt att skapa marknader med god konkurrens för dessa produkter (pga av den lokala kopplingen). Men det finns också inslag av godtycke från köparens håll då stödtjänstmarknader i första hand konstrueras och utformas av systemoperatörerna. Hur mycket behövs, med vilken hastighet och när?

Av naturliga skäl kan vi dessutom vilja begränsa transparensen i avtalen för att affärsmässiga kontrakt ska kunna förhandlas och ingås. Delvis kan ju dessa produkter vara en konkurrensfördel för ett företag som inte vill dela information om kostnader med andra företag. Slutligen konstaterar Pollitt och Anya (2020) att det finns en ganska hög risk för investerarna när det gäller specifika investeringar

⁶ Detta bygger på ett underlag som tagits fram i en tidigare Energiforskrapport som kvantifierade behovet av stödtjänster i SE4, ”Att kvantifiera storleken på marknaden för icke frekvensrelaterade stödtjänster”.

för denna typ av stödtjänster. Det finns fler lösningar som konkurrerar och inte minst när det gäller spänningsprodukter kan lokalnätbolag delta som aktörer.

I Anya och Pollitt studeras bland annat 6 europeiska länder, se tabell 1.

Tabell 1 andelen stödtjänster över total energikostnad 2017

År	Dk	Fi	No	Se	GB	Belgien	Dk*	GB*	Belgien*
2017	5,7%	1,6%	0,79%	1,6%	2,1%	1,9%	7,2%	3,1%	2,2%

Källa: Anaya & Pollitt (2020), text och tabell förekom också i Energiforsk (2021)

*Både frekvens och icke-frekvensrelaterade produkter

Jag har valt år 2017 från deras studie eftersom det är det år då samtliga systemoperatörer rapporterat värden. I tre länder rapporteras explicit värden för de icke frekvensrelaterade stödtjänsterna. I procent av energimarknaden utgör marknaderna för dessa produkter 1,5% i Danmark, 1% i Storbritannien och 0,3% i Belgien. För just prisområde 4 är dessa marknader relevanta eftersom den tänkta framtida energimixen är likartad. I Belgien och Danmark ska energisystemet tillgodose utan kärnkraft. Om vi antar att det låga värdet i Belgien är en konsekvens av den nuvarande produktionsapparaten med kärnkraft och att kostnaderna för t.ex. reaktiv effekt kommer att gå upp så kan vi anta ett intervall mellan 1-1,5% för den marknad vi vill uppskatta.⁷

⁷ Detta estimat bekräftas i en litauisk studie från 2007 som estimerar marknadsstorleken för reaktiv effekt till ca en procent av energimarknaden, eller 10% av stödtjänstmarknaden, Deksnys & Staniulis, (2007). Dock, i Australien rapporterar Anaya och Pollit (2020) att värdet för de reaktiv effektmärknaden bara utgör 5% av hela stödtjänstmarknaden.

3 Marknadsdesign för stödtjänstprodukter

De underliggande karaktärsdragen på denna typ av stödtjänstprodukter kräver en tydlig marknadsövervakning av myndigheterna. Det är också viktigt att försöka reda ut när en marknad ska användas, och när det är lämpligt med till exempel riktade upphandlingar.

3.1 COASE – MARKNAD ELLER UPPHANDLING

De icke frekvensrelaterade stödtjänsterna som diskuteras här har egentligen begränsade möjligheter att upphandlas på en marknad. Coase (1937) beskriver de förhållanden som gäller för att en marknad eller en organisation ska lösa en transaktion. I grunden kan man använda en marknad om det blir mer kostnadseffektivt än att till exempel internalisera transaktionen i ett bilateralt kontrakt.

Det som vi kan se empiriskt är att icke stödbaserade stödtjänster ofta handlas under reglerade förhållanden. Detta beror troligen på att dessa tjänster kan handlas i ett mer begränsat geografiskt utrymme vilket gör att det är färre aktörer som i realiteten kan delta. I tillägg kan det vara så att det krävs längre kontrakt för dessa tjänster för att säkerställa att kapaciteten att leverera stödtjänsten verkligen ersätts monetärt.

3.2 EN MYNDIGHETSNÄRVARO KRÄVS

I fallet med stödtjänstprodukter är det viktigt att Konkurrensverket rent generellt och Energimarknadsinspektionen i synnerhet samlar kompetens om dessa produkter. Detta då marknaderna till sin natur kommer att vara av begränsad konkurrens, och i fallet med ödrift synnerligen begränsad konkurrens och med avtal som sträcker sig över lång tid.

Här måste framför allt konkurrensverket ges resurser att kontinuerligt följa marknaderna för stödtjänster, granska upphandlingar och analysera utfallen på dessa marknader.

4 Källor

Anaya, K. L., & Pollitt, M. G. (2020). Reactive power procurement: A review of current trends. *Applied Energy*, 270, 114939.

Anaya, K. L., & Pollitt, M. G. (2021). How to procure flexibility services within the electricity distribution system: Lessons from an international review of innovation projects. *Energies*, 14(15), 4475.

Coase, R. H. (1937). The nature of the firm. *economica*, 4(16), 386-405.

Creti, A. and F. Fontini (2019). Economics of Electricity: Markets, Competition and Rules, Cambridge: Cambridge University Press.

Deksnys, R., & Staniulis, R. (2007). PRICING OF REACTIVE POWER SERVICE. *Oil Shale*, 24.

Energimyndigheten (2021): Scenarier över Sveriges energisystem 2020

Energiforsk (2021) Att kvantifiera storleken på marknaden för icke frekvensrelaterade stödtjänster.

EU-kommissionen (2019) "Förordning (EU) 2019/2196 om fastställande av nätföreskrifter för nödsituationer och återuppbyggnad avseende elektricitet".

Kirchen, D.S. and G. Strbac (2019). Fundamentals of Power System Economics, 2nd Edition, Wiley

Pollitt, M. G., & Anaya, K. L. (2020). Competition in markets for ancillary services? The implications of rising distributed generation. *The Energy Journal*, 41(Special Issue).

Svenska kraftnät (2020) "En sammanfattning av Kortsiktig marknadsanalys 2020"

Svenska kraftnät (2021) Stödtjänster och avhjälpande åtgärder i ett energisystem under förändring. Ärende nr: SvK 2020/4162 Datum: 2021-10-15.

Williamson, O. E. (1985). The economic institutions of capitalism, Free Press, New York

MARKNADEN FÖR ICKE FREKVENSLATERADE STÖDTJÄNSTER I SVERIGE

Den svenska elmarknaden har förändrats med en struktur som i dag innehåller en större andel vindkraft, och totalt sett en lägre volym baslast i form av kärnkraft. Det ställer krav på utvecklingen av kringliggande tjänster för att upprätthålla kraftsystemets tekniska prestanda.

Den här rapporten sammanfattar ett seminariematerial angående stödtjänster som AFRY har tagit fram för Energiforsks räkning. Materialet behandlar stödtjänstmarknader i Sverige och internationellt. Tonvikten ligger på icke-frekvensstödjande stödtjänster.

En av slutsatserna är att dessa nödvändiga stödtjänstmarknader måste utvecklas i takt med att systemet förändras. Före avregleringen var stödtjänsterna en del av uppdraget för nyanslutna enheter, nu måste de istället vara ett kollektivt åtagande. När de här nya stödtjänst-produkterna och marknaderna skapas måste hänsyn tas till om dessa bäst lämpar sig för en marknad, eller om det är lämpligare med någon form av reglerad upphandling.

Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. www.energiforsk.se