

DATACENTER SOM FLEXIBILITETSKAPACITET

REPORT 2025:1089



ELNÄTENS HÅLLBARA TEKNIK-
UTVECKLING OCH DIGITALISERING



Datacenter som flexibilitetskapacitet

JEANETTE PETERSSON, TINA STARK
JONAS GUSTAFSSON

ISBN 978-91-89919-89-1 | © Energiforsk februari 2025

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

Förord

Projektet *Datacenter som flexibilitet* ingår i programmet Elnätens hållbara teknikutveckling och digitalisering. Projektet har avsett att skapa ett stabilare och mer robust elsystem, genom närvaron av fler användare som anpassar sin förbrukning efter den aktuella elproduktionen. Fler datacenterbolag ansluter sig till förhoppningsvis till flexibilitetsmarknaden och på lägre sikt är förhoppningen att samtliga större förbrukare mer eller mindre ska vara anslutna.

Jeanette Persson på RISE har ansvarat för projektet tillsammans med kollegerna Tina Stark, Jonas Gustafsson. Rapporten kan ses som en "guideline" med svar på de vanligaste frågorna och farhågor som finns i samband med att erbjuda sin kapacitet. Genom att beskriva hur man i praktiken går till väga och vilka moment som behöver göras förenklas att man ansluter sig till flexibilitetsmarknaden.

Stort tack också till programstyrelsen för deras initiativ och stöd till projektet:

- Josefin Grundius, Ellevio
- Arne Berlin, Vattenfall Eldistribution
- Hampus Bergquist, Svenska kraftnät
- Dennis Ossman, Göteborg Energi Elnät
- Olle Bergström, Jämtkraft Elnät
- Per-Olov Lundqvist, Gävle Energi / Elinorr
- Magnus Sjunnesson, Öresundskraft
- Magnus Brodin, Skellefteå Kraft Elnät(ordförande)
- Göran Sandström, Umeå Energi Elnät
- Tilda Nordin, Mälarenergi Elnät
- Karl-Johan Mannerback, Jönköping Energi Nät
- Johan Ribrant, Nacka Energi
- Matz Tapper, Energiföretagen Sverige
- Claes Wedén, Hitachi Energy Sweden
- Magnus Lindström, Grid Diagnoze
- Staffan Bjurulf, Sveriges Ingenjörer (MF)

Följande bolag har deltagit som intressenter till projektet. Energiforsk framför ett stort tack till samtliga för värdefulla insatser.

Ellevio	Hitachi Energy Sweden
Vattenfall Eldistribution	Energiföretagen Sverige
Svenska kraftnät	Sveriges Ingenjörer, Miljöfonden
Göteborg Energi	Griddiagnoze
Statkraft Sverige	Elinorr ekonomisk förening;
Fortum	Bergs Tingslags Elektriska,
Mälarenergi Elnät	Blåsjön Nät,
Öresundskraft	Dala Energi Elnät,
Tekniska Verken i Linköping	Elektra Nät,
Skellefteå Kraft Elnät	Gävle Energi, Hamra
Umeå Energi Elnät	Besparingsskog,
Jämtkraft Elnät	Hofors Elverk,
Jönköping Energi Nät	Härjeåns Nät,
Eskilstuna Strängnäs Energi & Miljö	Härnösand Elnät,
Karlstads El- och Stadsnät	Ljusdal Elnät,
Borås Elnät	Malungs Elnät,
Falu Energi & Vatten	Sandviken Energi Nät,
Borlänge Energi	Sundsvall Elnät,
Nacka Energi	Söderhamn Elnät,
C4 Energi	Åsele Elnät,
PiteEnergi	Åsunda Kraft & Belysningsförening,
Trollhättan Energi Elnät	och
Skövde Energi	Övik Energi Nät

Stockholm, december 2024

Susanne Stjernfeldt, Energiforsk

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet.

Sammanfattning

Datacenter utgör en viktig infrastruktur i det dagens samhälle, då det flesta tjänster vi kommer i kontakt med dagligen, är helt beroende av datacentrens tillgänglighet, t.ex. betalningstjänster, tv och strömmande media, biljettbokning etc. Vi besöker minst 40 datacenter per dag (Fryer, 2022). En timmes stopp av alla datacenter skulle skapa kaos och hamna i högsta varning för alla kritiska sektorer på MSB. Datacenter bidrar till Sveriges digitaliseringspolitiska mål med syftet att skapa goda förutsättningar för digital infrastruktur. Datacenter är nödvändiga för att säkra svensk konkurrenskraft, för den gröna omställningen och för beredskap/civildönsvar vid särskilda händelser. Utöver att utgöra ryggraden i vår digitala infrastruktur är de även ofta flexibla energianvändare, som kan bidra till ett elnätets stabilitet och driftsäkerhet. Behovet av digital infrastruktur och datacenter spås fortsätta växa under kommande år, framför allt drivet av AI och den beräkningskapacitet den kommer behöva. Att nyttja datacentrens flexibilitetskapacitet på ett klokt sätt blir allt viktigare, då de spås utgöra en växande del av elanvändningen.

Under projektet genomfördes en undersökning bland datacenterägare i Sverige angående deras syn på flexibilitets-tjänster och deras villighet att delta med stödtjänster för elnätet. Resultatet från intervjuerna visade på att desto större datacenter, desto mindre viktig är ersättningen från stödtjänster. Det som är av större betydelse är möjligheten att stötta stabiliteten av elnätet samt att visa att datacenterbranschen kan göra gott. Ju mindre datacenter desto större betydelse har intäkterna från tjänsterna. Det finns även en stor skillnad i inställning kring flexibilitets-tjänster, speciellt för collocation datacenter. En del går helt på kundernas linje och säger att om kunderna inte vill att datacentret skall använda stödtjänster, så gör inte datacentret det. Medan andra datacenterägare tar beslut att de skall agera och att om kunderna inte gillar detta, får kunderna söka upp ett annat datacenter. Generellt sett ser datacenterägarna som intervjuats positivt på stödtjänster för elnätet, men nämner att det krävs en kunskapsökning speciellt hos deras kunder.

För att undersöka möjligheten till att få fler datacenterägare att intressera sig för att leverera kapacitet till SvKs stödtjänster (primärt FCR-D Upp) har vi undersökt om det finns ett samband mellan FCR-D medverkan och minskade koldioxidutsläpp. Eftersom FCR-D endast aktiveras då det uppstår en frekvenstörning på elnätet, vilket det endast gör under relativt få timmar under ett år, vilket i sin tur gör att möjligheten till direkt påverkan av CO₂-utsläpp via FCR-D blir liten. Däremot kan en positiv undanträngningseffekt ses då andelen "konsumtionsflex" ökar i FCR-D Upp underlaget. Då behöver en mindre mängd vattenkraft reserveras för att leverera kapacitet till FCR-D, vilket bidrar till att vattenkraften potentiellt kan nyttjas mer effektivt. Vilket i sin tur gör att "smutsig" spetslastproduktion och el-import från kontinenten kan minskas.

Summary

Data centers constitute an important infrastructure in today's society, as most services we come into contact with on a daily basis are completely dependent on the availability of the data centers, e.g. payment services, television and streaming media, ticket booking, etc. We visit at least 40 data centers per day (Fryer, 2022). A one-hour shutdown of all data centers would create chaos and put all critical sectors at MSB on high alert. Data centers contribute to Sweden's digitization policy goals with the aim of creating good conditions for digital infrastructure. Data centers are necessary to secure Swedish competitiveness, for the green transition and for civil defense in the event of critical events. In addition to forming the backbone of our digital infrastructure, they are also often flexible energy users, who can contribute to the stability and reliability of an electricity grid. The need for digital infrastructure and data centers is predicted to continue to grow in the coming years, primarily driven by AI and the computing capacity it will need. Using the flexibility capacity of data centers wisely is becoming increasingly important, as they are predicted to make up a growing part of electricity use.

During the project, a survey was conducted among data center owners in Sweden regarding their views on flexibility services and their willingness to participate with support services for the power grid. The results from the interviews showed that the larger the data center, the less important is the compensation from support services. What is of greater importance is the opportunity to support the stability of the electricity grid and to show that the data center industry can do good. The smaller the data center, the more important the revenue from the services. There is also a big difference in attitude towards flexibility services, especially for co-location data centers. Some go completely along the lines of the customers and say that if the customers do not want the data center to use support services, then the data center does not. While other data center owners decide that they must act and that if the customers do not like this, the customers can find another data center. In general, the interviewed data center owners view support services for the electricity grid positively, but mention that an increase in knowledge is required, especially among their customers.

In order to investigate the possibility of getting more data center owners interested in delivering capacity to SvK's support services (primarily FCR-D Up), we have investigated whether there is a connection between FCR-D participation and reduced carbon dioxide emissions. Because FCR-D is only activated when there is a frequency disturbance on the electricity grid, which it only does for a relatively few hours during a year, which in turn means that the possibility of direct influence of CO₂ emissions via FCR-D becomes small. On the other hand, a positive displacement effect can be seen as the share of "consumption flex" increases in the FCR-D Up substrate. Then a smaller amount of hydropower needs to be reserved to supply capacity to FCR-D, which contributes to the fact that hydropower can potentially be used more efficiently. Which in turn means that "dirty" peak load production and electricity imports from the continent can be reduced.

Innehåll

1	Inledning	9
1.1.	Syfte och mål	9
1.	Bakgrund	11
1.1.	Datacenter som resurs	11
1.2.	Stödtjänster och avhjälpande åtgärder	15
1.3.	Budgivningsprocessen	18
2.	Resultat	20
2.1.	Datacenters syn på flexibilitetstjänster	20
2.2.	Miljö och samhällsnytta	21
2.2.1.	Beräkningar på miljönyttan	21
2.2.2.	Exempelberäkningar med ett datacenter i elområde 1	22
2.3.	Dedikerat batterilager för stödtjänster	23
2.4.	Samhällsnytta	24
2.5.	Framtidens tjänster	24
3.	Diskussion och slutsatser	26
2	Referenslista	29

1 Inledning

Vi befinner oss i en vardag som är alltmer digitaliserad och uppkopplad vilket har resulterat i en stark tillväxt av datacenterbranschen som därmed klassas som el-intensiv industri. Alla framtidsscenarios kring datacenterbranschen visar på en fortsatt tillväxt.

Sverige har en mer instabil elmarknad jämfört med för några år sedan, detta på grund av förändrad produktionsmix, fler internationella flöden och snabbare svängningar med kraftiga toppar i elpris samt bortfall av stora produktionsanläggningar. Denna instabilitet reglerades tidigare av ett antal större vattenkraftverk som bistod med de resurser som behövdes. Idag är marknaden öppen för alla som uppfyller kraven. Det finns sex stödtjänster och avhjälpande åtgärder vars uppgift är att se till att frekvensen ligger stabilt på 50 Hz, då elproduktion och elkonsumention är i balans (Svenska kraftnät, 2024).

Digitalisering av samhälle och industri kräver alltmer beräkningsresurser, vilket i sin tur kräver ökande mängder energi till drift av datacenter och digital infrastruktur, så ökar också kraven på att datacenter bidrar till stabilitet av elsystemen, och inte enbart är en stor konsument. Ett antal datacenter har under flera år varit aktiva på FCR-D marknaden, men det finns goda möjligheter till en större medverkan från datacenter som flexibilitetsresurs. När detta projekt initierades under 2022 var situationen på flexmarkanden annorlunda mot för idag. Informationen på Svenska Kraftnät var svåråtkomlig och komplicerad. Idag finns det mycket mer information, och den är upplagd på ett mer pedagogiskt sätt. Utöver detta har mängden batterilager och antalet aktörer som agerar på flexmarknaden ökat. Dock finns fortfarande möjligheter att datacenter kan fortsätta agera och utöka sin aktivitet på flexmarknaden.

1.1.SYFTE OCH MÅL

Projektets syfte är att undersöka förutsättningar och underlag för att öka antalet datacenteraktörer på flexibilitetsmarkanden. En sammanställning av intervjuer med datacenteraktörer presenteras för att kartlägga de hinder och barriärer de ser för att kunna delta på flexibilitetsmarknader. De övergripande målen med projektet är att göra en sammanställning över hur de olika frekvenstjänsterna är

strukturerade ur ett datacenterperspektiv samt beräkning och beskrivning av den potentiella miljöpåverkan av att vara delaktig på stödtjänstmarknaden. Detta exemplifieras med ett datacenter i elområde 1.

Projektet skall även uppskatta de möjligheter som datacenter besitter för att begränsa effekttoppar genom effektreducering eller försättas i ö-drift via den infrastruktur som ett datacenter har (UPS och batterilager). Genom att ta fram en guideline för datacenterägare som på ett enkelt och relevant sätt, förklarar de olika stödtjänsterna samt balansmarknaden och hur datacenterbranschen kan bidra till ett stabilare elnät. Samt hjälpa dem att ta steget till att börja vara aktiva och erbjuda sin kapacitet som en flexibilitetstjänst, både på TSO och DSO nivå för att kunna skapa största möjliga nytta.

1. Bakgrund

1.1. DATACENTER SOM RESURS

Antal och storlek på datacenter i Sverige och världen har ökat kontinuerligt och förväntas fortsätta göra det framöver. Energianvändningen för datacenter i Sverige uppskattades till 2,8–3,2 TWh under år 2022 med beräkningar baserade på Radarrapporten (Energimyndigheten, 2023). Vilket kan jämföras med Sveriges totala elförbrukning 2023 som låg på 123,8 TWh enligt Energimyndigheten. I Sverige uppskattas datacenter under 2025 förbruka mellan 4 – 4,4TWh, för att sedan fortsätta öka till 4,4 – 5,0TWh 2030 (Energimyndigheten, 2023). Denna uppskattning kan visa sig vara i underkant, då Energimyndighetsrapporten publicerades innan behoven av AI-hårdvara tagit fart. Utvecklingen av AI antas accelerera och ta en allt större del av den totala datacenterenergianvändningen. Det är inte välkänt att datacentren i sig inte använder det mesta av energin, utan det är alla digitala tjänster vi använder och är beroende av i det dagliga livet som är orsaken till digital bearbetning i datacenter. Datacenter kategoriseras ofta i ett antal olika typer, beroende på vilka resurser de tillhandahåller och hur affärsmodellen för datacentret är utformat. I tabellen nedan beskrivs några typiska datacentertyper:

- Hyperscaler
 - Dessa är oftast de allra största datacentren som ägs av IT-jättar som Google, Meta och Microsoft med flera. Det som utmärker ett hyperscale-datacenter från övriga är att operatören äger och ansvarar för allt inom datacentret. Datacentret ingår oftast i ett världsomspännande nät med flera liknande datacenter. Även IT-hårdvara, kylsystem och mjukvara är oftast egenutvecklat och specialanpassat för de specifika tjänster som körs i hyperscale-datacentren. En annan ofta förekommande definition är att de enkelt kan skala upp infrastrukturen snabbt.
- Co-location
 - Oftast stora datacenter där flera kunder hyr delar av datacentret eller servrar för sin verksamhet. Denna typ av datacenter har alltså flera olika kunder som kan bestå av allt från banker till enskilda små firmor som använder olika slags datakraft. Upplägget för de olika aktörerna kan variera. I vissa fall sköter själva datacentret allt, medan i andra fall så tar kunden hand

om sina egna servrar. Det finns stora globala co-location aktörer så som Equinix, men även de som enbart agerar på den svenska marknaden.

- Enterprise
 - Ett enterprise datacenter tillhör ett företag eller myndighet och hanterar sin egna data. Det kan till exempel vara ett datacenter som tar hand om all data från ett stort industriföretag; löner, dokument, produktionsdata från industrin med mera.
- Edge
 - Dessa är oftast små och placerade nära användaren. Edge-datacenter används framför allt till att hantera beräkningar som skall gå fort. Det vill säga där tiden det tar för data att transporteras mellan användaren och datacentret har betydelse för användarupplevelsen. Till exempel vid styrning av industriella processer, autonoma system och VR/AR-applikationer.
- HPC
 - HPC står för High Performance Computing. Det vill säga ett datacenter som används för stora avancerade beräkningar. Oftast finns dessa datacenter vid universitet och forskningsinstitut, men det finns även ett fåtal hos företag. Tillgänglighetskraven på ett HPC är inte lika höga som vid ett vanligt datacenter eftersom beräkningarna oftast inte är tidsberoende i samma utsträckning. HPC datacenter kan även användas för att rendera film.
- Krypto
 - HPC och Krypto är ofta synonymt. Även Krypto tillhandahåller stor beräkningskapacitet och den kan ofta användas för annan beräkning än för att utvinna kryptovaluta. HPC och Krypto är också ganska lika varandra när det kommer till stödtjänster för elnätet. Båda typerna av datacenter utför beräkningar som kan pausas och återupptas utan större problem. Det är inget större krav på svarstid.

Det finns flera olika sätt som dessa typer av datacenter skulle kunna öka eller minska sin förbrukning. Den enklaste metoden för att minska sin förbrukning är att låta kraftförsörjningen till datacentret gå via batterierna och UPS under tiden som stödtjänsten är aktiverad. Detta kräver dock att datacentret har tillräckligt med batterikapacitet för att klara stödtjänsten och dessutom ha tillräckligt med energi kvar i batterierna ifall ett oförberett avbrott infaller efter aktiveringen av stödtjänsten. Denna metod

fungerar för alla typer av datacenter förutsatt att de har rätt batterikapacitet (Stark, Petersson, & Sjölund, 2023).

HPC och krypto har även möjlighet att minska energianvändningen genom att antingen pausa beräkningar eller klocka ned beräkningsfrekvensen. Dessa metoder kräver dock mer förberedelsen än att använda sig av UPS och batterier. För att kunna pausa beräkningar i HPC datacentren måste de förses med checkpoints där beräkningarna sparas och där beräkningarna kan återupptas efter avbrottet. När det gäller nedklockning måste grundliga beräkningar och tester göras för att se hur mycket servrarna kan klockas ned och hur mycket effekt som sparas in (Stark, Petersson, & Sjölund, 2023).

Nedan följer styrkor, svagheter, risker och möjligheter med de olika typerna av datacenter som beskrevs ovan.

Tabell 1: Styrkor, svagheter, risker och möjligheter med olika typer av datacenter.

	Styrkor	Svagheter	Risker	Möjligheter
Hyperscaler	Oftast en ägare, lättare att ta beslut. Kan flytta aktiviteter till andra datacenter vid behov.	De ekonomiska incitamenten är inte så höga för den här typen av datacenter.	Kan eventuellt påverka kvaliteten på tjänsterna om delar av datacentret stängs ned.	Eftersom de är stora elanvändare kan de också bidra med stor effekt på stödtjänstmarknaden.
Co-location	Idag finns det co-location företag som agerar på stödtjänstmarknaden. Oftast stora datacenter, vilket kan bidra med stor effekt till stödtjänsterna	Många kunder med olika kontrakt som kan försvåra möjligheten att agera på stödtjänstmarknaden. Ingen (eller mycket begränsade) möjlighet att påverka IT-lasten i datacentret, då dessa ägs av datacentrets kunder.	Vid driftstörning påverkas många kunder.	Stora möjligheter att agera med hög effekt, men under kortare perioder, då batterier måste nyttjas eftersom det är svårt att dra ned på IT-last.

Enterprise	Eftersom ägaren också är kunden så är det lättare att kartlägga behovet av datacentret.	Oftast är datacenter inte företagets kärnverksamhet och kan eventuellt prioriteras ned.	Vid driftstörning kan det påverka företagets kärnverksamhet	Kan utgöra en extra inkomstkälla för företaget.
Edge	Kommer anslutas "lång ut i näten". Hög automationsgrad .	Oftast relativt små datacenter, inte säkert att de kommer upp till lägsta effekt som krävs för att delta i t.ex. FCR-D.	Komplexitet att hantera stora antal mindre datacenter	Kommer i framtiden utgöra en växande energi/effektmand tillgänglig nära slutkunder, inte helt olik elbilar i effekt och energilagring.
HPC	HPC datacenter har ofta möjlighet att avbryta beräkning utan "katastrofala" följder. Kan stänga ned oberoende av backupsystem, vilket ger lång uthållighet.	Kunder som nyttjar datacentret måste informeras om planerad minskning av beräkningskapacitet. Kan i vissa fall ha svårt att komma upp i 100 kW.	Mjukvarans utformning bör förberedas för oförberedda stopp. Annars finns risk att delar av beräkningar kan gå förlorade om datacentret stänger ned.	Möjlighet att agera på flexibilitetsmarknaden utan större batteri-backup då IT-lasten kan regleras.
Krypto	Krypto datacenter har en jämn last oberoende av tid på dygnet eller årstid. De kan stänga ned oberoende av backupsystem, vilket ger lång uthållighet.	Begränsad tillgång till kryptodatacenter bland annat på grund av otydligt svenskt regelverk. En del kommuner tackar nej till etableringar.	Finns ej	Krypto datacenter är mycket energieffektiva och kan bidra med en stor andel av sin effekt på stödtjänstmarknaden. Eftersom de är så flexibla kan denna typ av datacenter agera på de flesta typer av stödtjänster

1.2.STÖDTJÄNSTER OCH AVHJÄLPANDE ÅTGÄRDER

Elnätet i de nordiska länderna är ihopkopplat och balanserat mot en frekvens på 50Hz. För att transmissionssystemet ska fungera måste frekvensen alltid hållas inom snäva gränser. Produktionen måste alltid matcha förbrukningen för att hålla frekvensen stabil. Balansen mellan produktion och förbrukning av el är en förutsättning för kraftsystemets tillförlitlighet. Störningar i balansen riskerar att skada eller helt slå ut teknisk utrustning. För att balansera elnätet används så kallade stödtjänster och avhjälpande åtgärder.

Den svenska TSO, Svenska Kraftnät (SvK), erbjuder olika typer av stödtjänster och avhjälpande åtgärder för balansering av elnätet i Sverige. Dessa tjänster är listade i Tabell 2.

När en avvikelse uppstår och frekvensen måste regleras upp mot en högre frekvens behöver antingen produktionen öka, eller förbrukningen minska och tvärtom vid en nedreglering. Detta regleras på marknaden för stödtjänster. Producenterna och konsumenterna lägger bud på vilken timme på dygnet de kan aktiveras för respektive stödtjänst.

Tabell 2: Stödtjänster och avhjälpande åtgärder för kraftnätet i Sverige

Tjänst	Beskrivning
Fast Frequency Reserve (FFR)	Automatisk reserv för den initiala snabba transienta frekvensändringen
Frequency Containment Reserve (FCR-N & FCR-D)	Där N står för Normal och D står för Disturbance.
Frequency Restoration Reserve (aFRR & mFRR)	Där a står för automatisk och m för manuell

De olika stödtjänsterna har olika syften med olika aktiveringstider och längd, se Tabell 2. (Svenska Kraftnät, 2023)

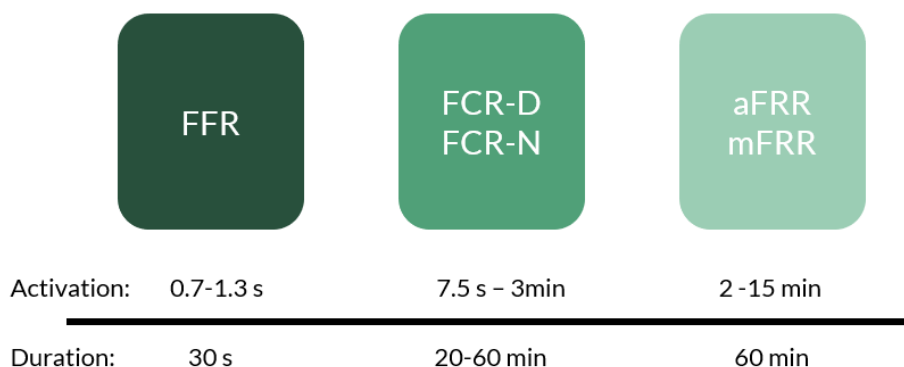
FFR, som står för Fast Frequency Reserve är den avhjälpande åtgärd med kortast aktiveringstid och längd. Tjänster måste vara aktiverad mellan 0,7–1,3 sekunder och ha en längd av antingen 5 eller 30 sekunder. Syftet med FFR är att skapa förutsättningar för att hantera de initialt snabba och djupa (transienta) frekvensförändringar som kan uppstå vid fel vid låga rotationsenerginivåer i systemet.

Det finns tre olika tidsgränser för aktivering som leverantören kan välja mellan.

- 0.7 sec (49.5 Hz)
- 1 sec (49.6 Hz)
- 1.3 sec (49.7 Hz)

Med en varaktighet på antingen 30 eller 5 sekunder. Aggregatorn måste vara redo för återaktivering inom 15 minuter.

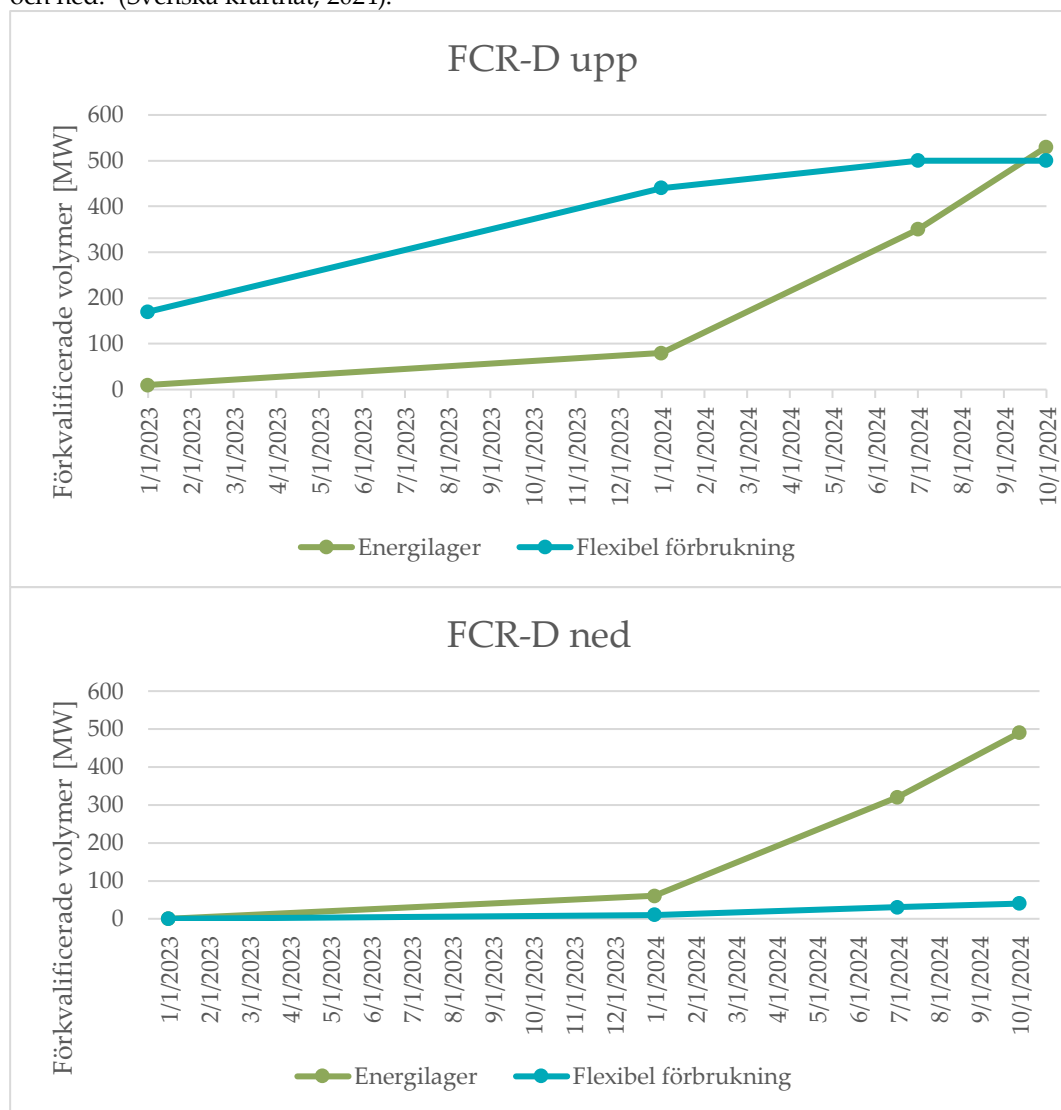
FCR-D, som står för Frequency Containment Reserve – Disturbance, är en flexitjänst som används för att reglera upp (FCR-D Upp) och ned (FCR-D Ned) frekvensen. Båda tjänsterna aktiveras med intervallet 49,90–49,50 Hz respektive 50,10–50,50 Hz. Både FCR-D Upp och Ned har en varaktighet på 20 minuter. FCR-D Ned har funnits sedan 2022 och syftar till nedreglering av frekvensen. För datacenter innebär detta ett erbjudande om att öka energianvändningen, jämfört med FCR-D Upp som är ett erbjudande om att minska energianvändningen. Datacentret bör logga data kontinuerligt och skicka data till SvK för verifiering. Data ska loggas och sparas med den angivna upplösningen eller bättre.



Figur 1: Aktiverings- och varaktighetstiden för de olika tilläggstjänster som erbjuds i Sverige

I dokumentationsförteckningen för förkvalificeringsansökan finns några ytterligare dokument som behövs för energilagringbaserade resurser, såsom märkeffekt för energilagret, nominell energikapacitet, energilagrets övre och nedre gränser samt teknisk beskrivning av styrenheten. (Entso-E, 2021)

I Figur 2 visas de historiskt förkvalificerade volymerna för FCR-D upp och ned. (Svenska kraftnät, 2024).



Figur 2: Historiskt förkvalificerade volymer [MW] för FCR-D upp och ner i Sverige

Mängden förkvalificerade energilager som kan användas för stödtjänster och avhjälpande åtgärder har ökat kraftigt under 2024. Dessutom ökade volymen prekvalificerade flexibel förbrukning för FCR-D upp redan under 2023. Konkurrensen på FCR-D marknaderna har således hårdnat de senaste åren, vilket även märks av på ersättningsnivån. Ersättningen för FCR-D har gått ner och motsvarar nu under senare delen av 2024 ungefär en tiondel av månadssnittet under 2023 (Lövgren, 2024)

Detta är i grunden en väldigt bra utveckling, men minskar datacentrens incitament att leverera till FCR-D marknaderna.

1.3. BUDGIVNINGSPROCESSEN

Som datacenterägare kan du tjäna pengar på att leverera reserver så som FFR, FCR-D upp, FCR-D ned, aFRR och mFRR. För att kunna leverera dessa stödtjänster krävs en godkänd BSP. Detta innebär att du som datacenterägare kan vara kontaktperson mot Svenska kraftnät i många av stegen, men måste ha ett samarbete med en BSP. BSP-aktören är ytterst ansvarig för leveransen av stödtjänsten. För att agera som BSP behöver du med dagens regelverk även vara balansansvarig part, BRP (Balance Responsible Party) i den leveranspunkt du avser att använda för att leverera stödtjänsterna.

Själva handeln med stödtjänster går till på så sätt att de olika BSP-aktörerna budar in sina resurser till ett pris på de olika stödtjänstmarknaderna. Det är enbart aktörer med rollen leverantör av balanstjänster som kan delta och buda på de olika stödtjänstmarknaderna. Beroende på typ av stödtjänst sker handeln antingen på en kapacitetsmarknad och/eller på en energiaktiveringsmarknad.

Leverantören av tjänsten får sedan betalt för sitt bud beroende på vilken tjänst de har anmält sig till. För FFR, FCR-N och FCR-D kompenseras avropskapaciteten. För FCR-N kompenseras även den aktiverade energin. (Svenska Kraftnät, 2023). Minsta budstorlek är 0,1 MW för både FCR-D och FFR. Från och med den 1 februari 2024 har alla FCR-marknader tillämpat marginalprissättning, även kallad pay-as-cleared. Införandet av marginalprissättning innebär att alla accepterade bud ersätts enligt marginalpriset i auktionen, alltså det högsta prissatta accepterade budet. FCR-kapacitet upphandlas i två tilläggsauktioner, dels två dagar före leveransperioden (D-2) och dels dagen före leveransperiod (D-1). Därför blir det två olika marginalpriser per produkt och timme. Ett marginalpris per produkt och timme i den första auktionen och ytterligare ett marginalpris per produkt och timme i den andra auktionen

Till skillnad från de olika stödtjänsterna upphandlas den avhjälpande åtgärden FFR inte på de dagliga auktionerna utan upphandlas årsvis genom längre kontrakt mellan Svenska kraftnät och specifika aktörer.

Om du vill upphandla FFR (snabb frekvensreserv), störningsreserv och effektreserv så sker detta på ett längre kontrakt inom ramen för offentlig upphandling.

Hur mycket pengar man kan tjäna beror på hur stor volym man har tillgänglig för att buda in på marknaderna för reserver och vilket pris man väljer att buda in. Det är frivilligt om man vill buda eller inte.

Budgivning om stödtjänster är helt marknadsbaserade vilket innebär

att de upphandlas öppet i konkurrens med hjälp av budgivning på respektive marknad.

Som BSP äger man nödvändigtvis inte själva resurserna som budas in på de olika stödtjänstmarknaderna. I stället kan de olika BSP-aktörerna ingå avtal med till exempel datacenterägare eller andra resursägare, underleverantörer och/eller med så kallade aggregatorer (aggregerar flera resurser för att tillsammans kunna leverera stödtjänster) som i sin tur äger eller styr resurserna.

Som BRP ska man löpande planera för att balansera elnätet, vid behov kan BRP samarbeta med fler aktörer för att handla sig i balans.

Balansansvaret gäller per elområde. Om man inte har gjort rätt prognoser och inte lyckats korrigera dessa genom att handla sig i balans, får man betala kostnaderna för sin obalans. Det vill säga vad det kostar att återupprätta balansen. Kostnaderna räknas ut i den så kallade balansavräkningen. Planeringsansvaret sträcker sig idag fram till en timme före elen faktiskt ska användas. Då lämnar man över sina planer till Svenska kraftnät som säkerställer balansering av hela elsystemet i realtid.

Planen från Svenska kraftnät var att ändra BSP/BRP-rollerna från och med maj 2024 med införandet av nya aktörsroller, men dessa planer har stött på utmaningar längs vägen vilket har försvårat framstegen och försenat den fullskaliga implementeringen. Utifrån de förutsättningar som nu är kända, bedöms en fullständig implementering av BSP/BRP-modellen att senast slutföras under 2028.

Dock har svenska kraftnät genomfört en uppdelning av rollen balansansvarig till rollerna BSP respektive BRP genom att etablera avtal för respektive roll som gäller redan idag. Nedan följer en förklaring av de nya kommande rollerna.

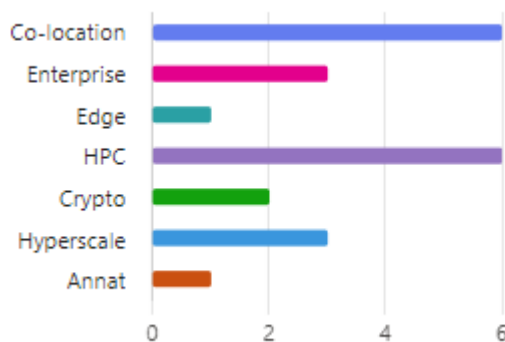
- BSP (Balancing Service Provider) är leverantör av balanstjänster. BSP är en marknadsaktör med godkända förkvalificerade enheter eller grupper som kan erbjuda stödtjänster till Svenska kraftnät.
- BRP (Balance Responsible Party) är balansansvarig part. BRP är en marknadsaktör som är ekonomiskt ansvarig för att det i det nationella elsystemet tillförs lika mycket el som tas ut i de uttagspunkter för vilka aktören har balansansvar för.

2. Resultat

2.1. DATACENTERS SYN PÅ FLEXIBILITETSTJÄNSTER

Under projektet genomfördes en undersökning bland datacenterägare i Sverige angående deras syn på flexibilitetstjänster och deras villighet att delta med stödtjänster för elnätet.

Undersökningen genomfördes genom intervjuer och projektet samlade in totalt 10 svar. Fördelningen mellan typen datacenter kan ses i Figur 3. En tabell med alla svaren från undersökningen kan ses i appendix 1.



Figur 3: Typen av datacenter som är representerade i enkätundersökningen.

Det fanns störst representation från co-location och HPC. Totala summan av typen av datacenter överstiger antalet svarade. Detta beror på att ett datacenter kan vara flera olika typer av datacenter, som till exempel edge och enterprise.

De allra flesta som intervjuades tyckte att de känner till svenska kraftnäts stödtjänster eller flexibilitetsmarknader för elnätet och hur de kan nyttjas. Det var endast en svarande som inte kände till stödtjänsterna. Men endast 22% av dessa använde sig av stödtjänsterna när intervjun genomfördes. Däremot har 44% av de tillfrågade påbörjat processen att delta.

På frågan "Vilka möjligheter och fördelar ser ni med att agera på svenska kraftnäts stödtjänster eller flexibilitetsmarknaden?" gavs lite olika svar, men betydelsen att stödja stabiliteten för kraftnätet verkade vara det viktigaste, sedan möjlighet till ökad inkomst. Svaren i tabellen i appendix 1 har anonymiserats, vilket i vissa fall har lett till små ändringar av texten. Trots att många av datacenterägarna såg flera möjligheter med stödtjänsterna så såg de även hinder och risker med detta. Dessa återfinns i Appendix 1. Sammanfattningsvis kan man säga att ju större datacenter desto mindre viktig är ersättningen från stödtjänster. Det som är av större

betydelse är möjligheten att stötta stabiliteten av elnätet samt att visa att datacenterbranschen kan göra gott. Ju mindre datacenter desto större betydelse har intäkterna från tjänsterna. Det finns även en stor skillnad i inställning kring flexibilitetstjänster speciellt för co-location datacenter. En del går helt på kundernas linje och säger att om kunderna inte vill att datacentret skall använda stödtjänster, så gör inte datacentret det. Medan andra datacenterägare tar beslut att de skall agera och att om kunderna inte gillar detta, får kunderna söka upp ett annat datacenter. Generellt sett ser datacenterägarna som intervjuats positivt på stödtjänster för elnätet, men nämner att det krävs en kunskapsökning speciellt hos deras kunder.

2.2. MILJÖ OCH SAMHÄLLSNYTTA

Att uppskatta miljönyttan för datacenter att agera på marknaden för stödtjänster och avhjälpande åtgärder är komplicerat och kräver många antaganden. Det svenska elsystemet är uppdelat och ihopkopplat i fyra delområden vilka i sin tur är ihopkopplade med flera länders elsystem. Hur elsystemet reagerar på ändringar är komplext och kräver stora avancerade modeller som ej finns tillgängliga för detta projekt. Därför har en enklare modell som ger en mindre precis uppskattning tagits fram, samt att många värden har viktats fram eller endast uppskattats.

2.2.1. Beräkningar på miljönyttan

I Tabell 3 presenteras effekt och nyttjandegrad per datacenterkategori för år 2020. I Radarrapporten presenteras tjänsteleverantörer som en egen kategori, men här har denna effekt inkluderats i kategorierna Co-location och Enterprise. (Wallin, Werner, & Olofsson, 2020).

Idag finns det ett lägre direkt ekonomiskt incitament för Hyperscalers eller andra större datacenter att medverka på stödtjänstmarknaden, vilket förhoppningsvis kan komma att ändras i framtiden. Intresset och potentialen finns framför allt bland de datacenteraktörer som sköter hela sitt datacenter själv och äger hela "stacken". Co-location aktörer kan ha svårigheter att medverka beroende på hur deras avtal med kund ser ut. På grund av argumenten ovan så har två scenarion tagits fram. Ett scenario där Hyperscalers har exkluderats från beräkningarna och ca 20% av medeleffekten antas kunna medverka på stödtjänstmarknaden med relativt begränsade tekniska åtgärder. Det andra scenariot är något mer optimistiskt där Hyperscalers inkluderas samt att ca 40% av medeleffekten antas kunna medverka på stödtjänstmarknaden. Detta resulterar i 75 MW för scenario 1 och 180 MW för scenario 2.

Tabell 3. Effekt i MW och nyttjandegrad per datacentertypkategori under år 2020. (Wallin, Werner, & Olofsson, 2020; Energimyndigheten, 2023)

	Installerad effekt	Medeleffekt	Nyttjandegrad
Enterprise	319	77	24 %
Hyperscale	99	70	71 %
Co-location	225	122	54 %
Krypto	200	180	90%

Hur stor miljönytta i form av minskade CO₂-utsläpp detta bidrar med är en knepig fråga. Då datacentrens bidrag i FCR-D Upp hamnar under konsumtionsflex, så betyder det att mängden vattenkraft som måste reserveras för produktionsflex kan minskas. Hur mycket denna effektreservminskning i praktiken resulterar i beror på en rad externa faktorer så som vattenmagasinens nivå, tid på säsong (måste vattenkraften spilla vatten för att inte svämma över etc.). Mängden energi som sparas i form av minskad leverans av FCR-D Upp från vattenkraften kan antas likställas den totala mängden aktivering av FCR-D Upp från konsumtionsflex. Dock kan en större mängd energi antas vara möjlig att spara, eller åtminstone flyttas i tid (optimeras) under de perioder överkapacitet finns tillgänglig i vattenkraften (t.ex. då vatten måste spillas, men en FCR-D Upp reserv måste reserveras).

Hur stor CO₂-besparingen blir, beror på när i tid den sparade mängden energi i vattenkraften faktiskt omsätts till effekt. Om den kan antas nyttjas när Svensk elmix har spetslast i form av olje- eller kol-kraft på marginalen kan bidraget antas blir signifikant. Kolkraft har ett koldioxidavtryck på ca 875 g CO₂/kWh (IEA, 2020) och vattenkraften 23 g CO₂/kWh (IHA, 2024). Om vattenkraften kan trycka undan kolkraft kan en besparing på 852 g CO₂/kWh göras. Den svåra frågan är hur mycket mer energi som faktiskt kan flyttas till perioderna där Sverige har CO₂-intensiv spetslastproduktion idag.

2.2.2. Exempelberäkningar med ett datacenter i elområde 1

Datacentret i vårt exempel är förkvalificerad på 21,7 MW på FCR-D Upp marknaden. Detta utgör en del av den totala mängden konsumtionsflex (energilager och flexibel förbrukning) i FCR-D Upp mängden som upphandlas av SvK.

Som beskrivet i hypotesen i sektion 2.2.1 med en CO₂ utsläppsskillnad mellan kolkraft och vattenkraft på 852 g CO₂ eq/kWh, skulle CO₂ besparingen till följd av en bättre planerad vattenkraftsproduktion möjligen kunna beräknas på skillnaden mellan historisk vattenkraftsproduktion under höglasterperioder och det nytillskott som

möjliggörs via ökad konsumptionsflex. Uthålligheten (mängden energi) i vattenkraftens ökade produktion påverkas av vattennivån i magasinen. Enligt denna data har vårt exempeldatacentret bidragit med 23 MWh till FCR-D Upp under 2023. Om den frigjorda mängden energi i vattenkraften kan anses minska trycka undan kolkraft blir resultatet $23\text{MWh} * 852\text{g CO}_2/\text{kWh} = 19,5\text{ ton CO}_2$. Detta resonemang håller dock inte i praktiken då Sverige nästan aldrig kan anses ha kolkraft på marginalen, och utnyttjandet av energin kanske inte går att omvandla till effekt vid de perioder där CO₂-påverkan är som störst. Om vi istället utgår från CO₂-intensiteten i importerad el, så når vi max upp till 15,9 ton CO_{2eq} för 2023. Denna siffra är beräknad på vid de tillfällen då Sverige importerar från Polen, vilket är relativt sällan. Sanningen ligger någonstans mellan 0 och 15 ton CO₂, beroende på hur vattenkraften kan nyttjas. För att hitta en mer precis siffra måste mer detaljerade modeller av elsystemet utvecklas för att ta hänsyn till all komplexitet i systemet. Utan modellen är det svårt att förutse vilket produktionsslag som trycks undan.

2.3. DEDIKERAT BATTERILAGER FÖR STÖDTJÄNSTER

Det finns många argument för att använda batterilager (BESS, Battery Energy Storage Systems) för att reglera frekvensen på elnätet. Batterier kan agera snabbt och har hög laddnings-/urladdningseffekt. Dessa attribut gör dem idealiska för snabb frekvensreglering och hantering av tillfälliga effekttoppar (Vargas, 2024). Priset på batterier har också fallit de senaste åren (Vargas, 2024), och förväntas fortsätta ned i pris. Många datacenter idag har batterier kopplade till en UPS för att hantera störningar och kortare avbrott på elförsörjningen. Då avbrotten på elnäten generellt sett är få, står batterierna i datacenter i standby-läge under den absolut största delen av dess livscykel. Detta möjliggör att batterierna, som tidigare beskrivits, också nyttjas för stödtjänster så som FCR-D och andra flexibilitetstjänster. En avvägning måste dock kontinuerligt göras för att balansera riskerna med att binda upp batterienergin till stödtjänster och ha mindre energi tillgänglig för intern batteribackup. Om batterierna skulle vara nästintill urladdade efter en stödtjänst-aktivering, som efterföljs av ett lokalt elavbrott skulle detta potentiellt få stora konsekvenser för ett datacenter om det tvingas till ett oplanerat driftstopp. En utökning av mängden batterier i datacentren bör nog övervägas innan batterikapacitet binds upp för stödtjänster eller andra flexibilitetstjänster. En fördel från ett kostnads- och miljöperspektiv vid användning av batterikapacitet i datacenter och annan verksamhet som har batteribackup, är att infrastrukturen, UPS:en redan finns på plats, och

elnätsanslutningen är etablerad. Detta minskar behovet av framställning av kringutrustning för att ansluta batterilager till elnätet, samt kostnader för anslutningsavgifter.

Då batterierna också får dubbla användningsområden och troligtvis kommer laddas ur och upp mer frekvent, så sjunker dess CO₂-utsläpp per producerad kWh för dess livscykel. Detta är en icke försumbar del i argumenten kring batterilager och dess miljöpåverkan (Sadhukha & Christiansen, 2021). Om ett batteri skall anses bidra till minskade CO₂ utsläpp måste dess avhjälpande åtgärder, via t.ex. stödtjänster, för att minska mängden CO₂ i elproduktionsled överstiga dess CO₂-utsläpp vid produktionen av batteriet (Scope 3-emission).

2.4.SAMHÄLLSNYTTA

Samhällsnyttan från datacenter är något som ofta ifrågasätts i media och bland befolkning, då de anses förbruka stora mängder el. Men de utgör också en flexibel energiresurs, som kan bidra till ett stabilare elnät till en låg kostnad om integrering mot stödtjänster och andra flexibilitetstjänster kan göras med minimal påverkan på dess primära verksamhet. Digital infrastruktur och datacenter spås fortsätta växa under kommande år, framför allt drivet av behovet från AI och den beräkningskapacitet den kommer behöva. Att ställa krav på nya (och i viss mån redan existerande) datacenter för att få tillgång till elnätskapacitet, via t.ex. flexibla taxor och bidrag till SvKs stödtjänster bör undersökas vidare. Den finska modellen där datacenter måste koppla upp sig mot fjärrvärmenätet för att få byggas bör också undersökas.

2.5.FRAMTIDENS TJÄNSTER

Förutom de nuvarande stödtjänster som finns på marknaden så som FRR, FCR-D och FFR så kan datacenter bidra till framtidens elsystem genom andra flexibilitetstjänster, till exempel lokala flexibilitetsmarknader. Ökad elanvändning och nyetablering av elintensiva anläggningar sätter press på elnätet, vilket gör det svårt att bygga ut nätet i takt med efterfrågan. För att hantera detta har lokala flexibilitetsmarknader utvecklats, där region- och lokalnät avropar flexibilitet genom att justera uttag eller inmatning av el från anslutna kunder för att hantera överlastning inom ett elområde.

I och med en ökande del ej planerbar kraft i elnätet, spås de stödtjänster med längre uthållighet (aFRR och mFRR) öka under kommande år. Vissa datacenter skulle även här kunna utgöra en resurs, men troligtvis ej med dess batterier som energikälla. I stället för att belasta batterier och UPSer så kan i vissa fall beräkningar av lägre prioritet senareläggas eller flyttas

till datacenter i andra elområden/länder. För kryptodatacenter kan driften stoppas under en längre period.

Framtida flexibilitets tjänster kan göra det möjligt för nätföretag att använda befintliga nät mer effektivt och hantera variationer i produktion och efterfrågan. Datacenter kan sälja sin förmåga att temporärt minska/öka sin elförbrukning som en flexibilitets tjänst, vilket bidrar till ett bättre resursutnyttjande och ett stabilare elsystem.

I Sverige har flera forsknings- och utvecklingsprojekt om lokala flexibilitetsmarknader genomförts. Två av dem är CoordiNet och Stihmflex där bland annat Svenska Kraftnät, Vattenfall och E.ON varit medverkande. EU arbetar också med ett nytt regelverk för efterfrågefleksibilitet för att underlätta nätföretagens anskaffning av tjänster på ett marknadsbaserat sätt. (ACER, 2024)

3. Diskussion och slutsatser

Digital infrastruktur (där datacenter utgör en delmängd) använder idag flertalet procent av vår totala elförbrukning. I och med de sista årens ökning inom AI och maskininlärning, spås en fortsatt ökning av elanvändning i befintliga och nya datacenter under kommande år.

Då de allra flesta datacenter utrustas med UPS-system med tillhörande batterilager som kan hantera energibortfallet i tiden mellan ett elnätavbrott uppstår, fram till reservgeneratorerna startat, kommer mycket energi finnas lagrat i datacentrens batterier. Att designa och dimensionera dessa batterilager så att de kan nyttjas även för flexibilitetsjänster i elnätet bör vara ett mål för datacenterägare och elnätsägare samt SvK. Att nyttja batterier i datacenter kan bidra till att reducera den totala mängden batterier som behövs i elnätet för att tillhandahålla de stödtjänster och flexibilitetsresurser som krävs för att upprätthålla en stabil drift av elnätet. I tillägg till att nyttja (delvis) befintliga batterier har även vissa datacenter möjlighet att stänga ner eller flytta IT-last till andra geografiskt placerade datacenter, något som möjliggör leverans i tjänster med längre uthållighet, och till exempel energy arbitrage.

Då datacenterägare arbetar hårt med att minska sina driftstörningar och reducera risker av alla slag, med avsikt att hålla så hög "uptime" som möjligt för de digitala tjänster de levererar, upplevs ofta leverans av flexibilitetskapacitet till elnäten som en risk, som ofta inte "är värd" att ta. Även om den genererar en ekonomisk ersättning.

Vi har även i denna rapport tittat närmare på hur datacenterägare ställer sig till att i högre utsträckning leverera kapacitet till olika typer av flexibilitetsjänster. Resultaten från intervjuerna tyder på att en vilja finns, men att möjligheterna ofta är begränsade då t.ex. co-location datacenter ofta har mycket strikta avtal med sina kunder kring vad de får, och inte får göra vad gäller flexitjänster och energirelaterade åtgärder. Med en höjd förståelse/kompetens bland både datacenterägare och dess kunder anses dock möjligheten att omförhandla avtal så att en högre grad av flexitjänster även kan nyttjas inom co-location marknaden. För andra typer av datacenter, t.ex. krypto, rendering farms och i viss utsträckning HPC, så är riskerna mindre, och affärsmodellerna lättare att anpassa till olika typer av flexitjänster.

För att undersöka möjligheten till att få fler datacenterägare att leverera kapacitet till SvKs stödtjänster (primärt FCR-D upp) har vi undersökt om

det finns ett samband mellan FCR-D medverkan och minskade koldioxidutsläpp. Huruvida ett datacenters medverkan i SvK:s stödtjänster kan anses ha en påverkan på dess CO₂-utsläpp visade sig vara en mycket komplex fråga. Vi valde att primärt titta på tjänsten FCR-D upp som är den främst förekommande bland datacenter. Eftersom aktivering av tjänsten sker väldigt sällan (10-tal gånger under ett år), och under kortare perioder (minuter), så blir mängden energi som avstås/levereras till elnätet mycket begränsat och kan inte anses ha något direkt bidrag till CO₂-utsläppen.

Däremot kan man argumentera att de accepterade buden till FCR-D från konsumtionsflex (dit datacenter hör) möjliggör för en bättre planering av vattenkraften, som historiskt sett varit den stora resursen för frekvensreglering, då mindre produktionskapacitet behöver reserveras för FCR-D upp. Detta innebär att det finns förutsättningar för en optimering av vattenkrafts-produktionen vilket i sin tur gör att "smutsig" spetslastproduktion och elimport från kontinenten kan minskas och på så sätt minska CO₂-utsläppen för vissa perioder. Hur mycket datacenter kan anses bidra till detta blir mycket spekulativt att räkna på, och det finns dessutom olika överföringsbegränsnings och effekttak mm. i vattenkraftsproduktionen. Ett första steg i att utreda detta närmare kan vara att undersöka hur den totala mängden konsumtionsflex påverkar optimeringsmöjligheterna av vattenkraftens produktion och eventuella CO₂ besparingar. Då kan en datacenteraktör, eller datacenterbranschen relativt enkelt se hur stort dess bidrag är till denna optimering.

Om de icke planerbara kraftkällorna så som vind, och sol fortsatt kommer byggas ut, kommer det också krävas en ökad mängd energilagring för att hantera perioder med effektunderskott, samt för att ta vara på energin vid effektöverskott om transmissionsledningarnas kapacitet inte räcker till för att förflytta elen dit den kan användas momentant.

Med en ökande mängd digital infrastruktur där datacenter utgör den effektmässigt största komponenten, finns potential för en närmare integration mellan IT-tjänster och tillgänglig eleffekt. T.ex. skulle det på ett teoretiskt plan vara möjligt att reglera olika IT-tjänsters prestanda i utbyte mot lägre effektanvändning, frågan är vad konsumenterna av IT-tjänster är beredda att acceptera. Bör IT-tjänster i framtiden bli mer direkt kopplade till dess energianvändning eller CO₂-utsläpp, så det blir mer tydligt hur vår energi används?

Vår slutsats landar i att datacenter fortfarande är en relativt lågt utnyttjad resurs, som är tekniskt väl förbered att leverera mer tjänster mot elnätet, men att acceptansen bland ägare och kunder delvis är en begränsning

dessutom finns bristande kunskap bland beslutsfattare och politiker. Det finns också utrymme för tekniskt enklare implementeringar, där t.ex. UPS-system kan förkvalificeras i högre utsträckning så att inte extra utrustning behövs installeras i datacentret. Vissa datacenter kan byggas långt från bebyggelser, nära kraftkällor som vind och sol för att ta vara på energin vid effektöverskott, samt snabbt stänga ner vid underskott och på så vis bidra till ytterligare investeringar i förnybara resurser.

Hur mycket CO₂ besparing per MW konsumptionsflex i FCR-D upp egentligen är, visade sig vara en för komplex uppgift att hitta inom ramen för detta projekt. Då viljan inom datacentersektorn att stödja elnätet är stor, så anser vi att det finns goda möjligheter för ökad nyttjandegrad för både befintliga och framtida flexibilitetstjänster.

2 Referenslista

- ACER. (2024, 10 16). *European Union Agency for the Cooperation of Energy Regulators*. Retrieved from ACER webinar: draft network code on demand response:
<https://www.acer.europa.eu/public-events/acer-webinar-draft-network-code-demand-response>
- Bjerndal, K. (2024, 02 14). *Minskad elanvändning och elproduktion under 2023*. Retrieved from Energimyndigheten:
<https://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2024/minskad-elanvandning-och-elproduktion-under-2023/>
- Energimyndigheten. (2023). *Energianvändning i digitala system, datacenter och kryptovaluta*. Statens energimyndighet.
- ENTSO-E. (2021, 01 11). *Technical Requirements for Fast Frequency Reserve Provision on the Nordic Synchronous Area - External document*. Retrieved from
<https://www.svk.se/siteassets/english/stakeholder-portal/prequalification/technical-requirements-for-ffr-v1.1.pdf>
- IEA. (2020). Retrieved from Average CO2 intensity of power generation from coal power plants, 2000-2020:
<https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/average-co2-intensity-of-power-generation-from-coal-power-plants-2000-2020>
- IHA. (2024, 10 17). *Hydropower's carbon footprint*. Retrieved from International Hydropower Association:
<https://www.hydropower.org/factsheets/greenhouse-gas-emissions>
- NyTeknik. (2023, 04 03). *Elimport räddade vinterns elförsörjning under kritiska timmen*. Retrieved from
<https://www.nyteknik.se/energi/elimport-raddade-vinterns-elforsorjning-under-kritiska-timmen/2019673>
- RISE. (2023). *Energianvändning i datacenter och digitala system*. Energimyndigheten.
- Sadhukha, J., & Christiansen, M. (2021). An In-Depth Life Cycle Assessment (LCA) of Lithium-Ion Battery for Climate Impact Mitigation Strategies. *Energies*, 14(17).

- Stark, T., Petersson, J., & Sjölund, J. (2023). *Frequency Services for the Electrical Grid*. RISE.
- Svenska Kraftnät. (2022, 11 25). *Rapportering av FCR-data*. Retrieved from Svenska Kraftnät:
<https://www.svk.se/siteassets/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/rapportering-av-data/rapportering-av-data-fcr-2.0.docx>
- Svenska Kraftnät. (2022, 11 01). *Realtidsrapportering av mätvärden för enheter och grupper*. Retrieved from
https://www.svk.se/siteassets/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/ffr/rapportering_av_data_ffr.pdf
- Svenska Kraftnät. (2022, 11 01). *Testprogram för FFR*. Retrieved from <https://www.svk.se/siteassets/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/ffr/testprogram-for-ffr.docx>
- Svenska Kraftnät. (2023, 03 08). *Handel och prissättning*. Retrieved from Svenska Kraftnät:
<https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/handel-prissattning/>
- Svenska Kraftnät. (2023, 03 07). *Om olika reserver*. Retrieved from <https://www.svk.se/aktorsportalen/bidra-med-reserver/om-olika-reserver/>
- Svenska kraftnät. (2024, 09 18). *Frekvensstabilitet*. Retrieved from <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/om-systemansvaret/kraftsystemstabilitet/frekvensstabilitet/>
- Vargas, B. (2024, 10 01). *Batteries and Ancillary Services: Future and Strategies*. Retrieved from <https://medium.com/@brandonvar/batteries-and-ancillary-services-future-and-strategies-3cf00004d0ce>
- Wallin, M., Werner, R., & Olofsson, S. (2020). *Datacenter i Sverige 2020-2025*. Radar Ecosystem Specialist.

DATACENTER SOM FLEXIBILITETSKAPACITET

Datacenter utgör en viktig infrastruktur i det dagens samhälle, då det flesta tjänster vi kommer i kontakt med dagligen, är helt beroende av datacentrens tillgänglighet, t.ex. betalningstjänster, tv och strömmande media, biljettbokning etc. Vi besöker minst 40 datacenter per dag (Fryer, 2022). Utöver att utgöra ryggraden i vår digitala infrastruktur är de även ofta flexibla energianvändare, som kan bidra till ett elnätets stabilitet och driftsäkerhet.

Under projektet genomfördes en undersökning bland datacenterägare i Sverige angående deras syn på flexibilitetstjänster och deras villighet att delta med stödtjänster för elnätet. Resultatet från intervjuerna visade på att desto större datacenter, desto mindre viktig är ersättningen från stödtjänster. Det som är av större betydelse är möjligheten att stötta stabiliteten av elnätet samt att visa att datacenterbranschen kan göra gott.

A new step in energy research

The research company Energiforsk initiates, coordinates, and conducts energy research and analyses, as well as communicates knowledge in favor of a robust and sustainable energy system. We are a politically neutral limited company that reinvests our profit in more research. Our owners are industry organisations Swedenergy and the Swedish Gas Association, the Swedish TSO Svenska kraftnät, and the gas and energy company Nordion Energi.