



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC STS14005

Examensarbete 15 hp
Februari 2014

Förbrukningsreduktion

Ett alternativ till gasturbiner som snabb
aktiv störningsreserv?

Jonas Alterbeck



UPPSALA
UNIVERSITET

Teknisk- naturvetenskaplig fakultet
UTH-enheten

Besöksadress:
Ångströmlaboratoriet
Lägerhyddsvägen 1
Hus 4, Plan 0

Postadress:
Box 536
751 21 Uppsala

Telefon:
018 – 471 30 03

Telefax:
018 – 471 30 00

Hemsida:
<http://www.teknat.uu.se/student>

Abstract

Förbrukningsreduktion - En alternativ lösning till gasturbiner som snabb aktiv störningsreserv?

Consumption reduction – An alternative solution to gas turbines as a secondary reserve?

Jonas Alterbeck

The gas turbines in the Swedish secondary reserve are reaching the end of their technical lifetime, hence alternative solutions need to be considered. One of the solutions thought to have the greatest potential is the use of so called consumption reduction. By entering contracts with large consumers, agreements are made to reduce consumption in the event of major disturbances in the power system and thus being used as a secondary reserve. This thesis investigates the feasibility of consumption reduction as part of the secondary reserve. This has been achieved by developing a requirement specification for the disturbance reserve and by studying the technical and economic potential for consumption reduction among a range of consumers.

The technical potential for consumption reduction that fulfils the requirements for participating in the secondary reserve are on average 750 MW in SE 3 and 98 MW in SE 4. The result of this study shows that consumption reduction could work as a supplement to the gas turbines, but could not entirely replace the current solution. Furthermore, replacing the gas turbines would cause loss of features such as black start and automatic frequency regulation. Nevertheless, consumption reduction is considered as a workable solution for the disturbance reserve that is both cheaper and more environmentally friendly. Before launching consumption reduction as a reserve, a market model has to be developed, taking the findings of this thesis into account: high electricity prices have negative effect on availability and that low liquidity on the market causes short endurance.

Handledare: Anna Järderström
Ämnesgranskare: Mikael Höök
Examinator: Elísabet Andresdóttir
ISSN: 1650-8319, UPTEC STS14005
Sponsor: Svenska kraftnät

Sammanfattning

Svenska kraftnät är ansvarigt för att tillse att kraftsystemet har tillräckliga reserver för att hantera det största enskilda felfallet. Kravet är att efter 15 min vara i återställt läge och därmed kunna hantera en ny störning. För detta syfte har Svenska kraftnät olika typer av reserver, automatiska och manuellt startade. Snabb aktiv störningsreserv är en manuell reserv som ska vara fullt tillgänglig inom 15 minuter vid bortfall av enskild huvudkomponent (produktionsenhet, ledning, transformator, samlingsskena etc.). Syftet med denna reserv är bl.a. att återställa den frekvensstyrda störningsreserven. Den snabba aktiva störningsreserven i Sverige utgörs idag av produktionsresurser i gasturbiner.

Gasturbinerna i den snabba aktiva störningsreserven befinner sig i slutet av sin tekniska livslängd och därför har Svenska kraftnät låtit utvärdera tänkbara alternativ till gasturbiner i rapporten *”Störningsreservens framtida hantering”*. Två av de föreslagna alternativen som diskuteras i rapporten är efterfrågefleksibilitet i form av laststyrning och förbrukningsreduktion. Redan i dag är det möjligt att avtala med större förbrukare om att de ska reducera sin förbrukning vid en större störning, så kallad förbrukningsreduktion. Förutsättningarna för att kunna använda förbrukningsreduktion som snabb aktiv störningsreserv bör övervägas. Dels eftersom det är ett miljövänligt alternativ till gasturbiner, dels för att det inte kräver något underhåll för drift, inget bränslelager och att den är snabb att aktivera. Syftet med denna studie är därför att utreda förutsättningarna för förbrukningsreduktion som del av den snabba aktiva störningsreserven. En kravspecifikation har utvecklats för att bedöma förutsättningarna för användning av förbrukningsobjekt som reserv. För att utreda i vilken mån möjliga förbrukningsobjekt uppfyller dessa krav har marknaden för förbrukningsreduktion undersökts genom en inventering av förbrukningsreglerobjekt och intervjuer med representanter för industrin.

Inventeringen av förbrukningsreglerobjekt och intervjuerna med industrin visar att tillgängligheten för förbrukningsreduktion år 2012 i medeltal var 750 MW i elområde 3 och 98 MW i elområde 4. Den effektmässiga storleken av förbrukningsreduktionen uppfyller därmed precis kravet för lokalisering till elområde 3 medan kravet för elområde 4 på 700 MW är långt ifrån uppfyllt. Studien visar att förbrukningsreduktion kan utgöra ett komplement för störningsreserven men inte ersätta dagens lösning med gasturbiner. Att ersätta delar av gasturbinerna med förbrukningsreduktion innebär bl.a. inskränkningar i beredskapsnyttan. Funktioner som dödnätsstart och ö-drift skulle förloras i de fall gasturbiner ersätts med förbrukningsreduktion. Trots att kraven för att delta som snabb aktiv störningsreserv uppfylls av all förbrukningsreduktion som beskrivs ovan identifieras två hinder mot en övergång till förbrukningsreduktion, elpriset och låg likviditet på förbrukningsreduktionsmarknaden. Industrins känslighet för höga elpriser är ett hinder mot tillgängligheten för förbrukningsreduktion vid höga elpriser och den låga likviditeten gör att förbrukade reduktionsbud inte kan ersättas vilket i förlängningen påverkar uthålligheten i reserven.

Trots dessa hinder bedöms förbrukningsreduktion vara ett fungerande komplement till den snabba aktiva störningsreserven som dessutom är billigare och miljövänligare än gasturbiner. För att kunna introducera förbrukningsreduktion som en snabb aktiv störningsreserv bör en marknadslösning utformas som tar hänsyn till de hinder och möjligheter som identifierats i denna rapport. Som ett vidare arbete rekommenderas även en utökad omvärldsanalys för att inkludera fler potentiella leverantörer för att få en mer utförlig analys av den totala potentialen.

Innehållsförteckning

1	Inledning	4
1.1	Bakgrund.....	4
1.2	Problematisering	5
1.3	Syfte och frågeställningar	6
1.4	Mål	6
1.5	Avgränsningar	7
2	Den svenska elmarknaden	8
2.1	Det svenska elsystemet	8
2.1.1	Elproduktion.....	8
2.1.2	Elanvändning	9
2.1.3	Elöverföring	9
2.2	Aktörer på den svenska elmarknaden	10
2.2.1	Elproducenter	10
2.2.2	Elnätet och nätägare	10
2.2.3	Elanvändare	11
2.2.4	Elhandelsföretag.....	11
2.2.5	Systemansvarig (Transmission system operator, TSO)	11
2.2.6	Balansansvariga	11
2.2.7	Aggregerare.....	11
2.3	Elbörsen.....	12
2.3.1	Elspot och Elbas.....	12
2.3.2	Reglermarknaden	13
2.3.3	Effektreserven	13
2.3.4	Framtida utformning	14
2.4	Kapacitetsreserver	15
2.4.1	Frekvensstyrd normaldriftsreserv (FCR-N)	15
2.4.2	Frekvensstyrd störningsreserv (FCR-D).....	16
2.4.3	Snabb aktiv störningsreserv (FRR-M)	16
2.4.4	LFC (FRR-A)	16
3	Tidigare forskning	18
3.1	Potentialen	18
3.2	Förbrukningsreduktion i industriprocesser.....	20
3.2.1	Pappers- och massaindustrin	20
3.2.2	Stålindustrin.....	20
3.2.3	Kemikalieindustrin	20
3.3	Möjliga effektreduktioner inom industrin	21
3.3.1	Lagerhållning	21
3.3.2	Omdisponering av tillverkning	21
3.3.3	Förändring av kringssystem	21
3.3.4	Egen elproduktion.....	21
3.3.5	Avkopplingsbar last	21
3.4	Utformning av program för förbrukningsreduktion	22
4	Metodik	23
4.1	Ämnesval och utförande	23
4.2	Förstudie och orienteringsfas	23
4.3	Kartläggning och kravspecifikation	23

4.3.1	Kvalitativa data	24
4.4	Kartläggning av förbrukningsreduktion	24
4.4.1	Urval av förbrukare	24
4.4.2	Industrins tekniska och ekonomiska potential	26
4.4.3	Val av respondenter	27
4.5	Förbrukningsreduktion eller gasturbiner	28
4.6	Källkritik.....	29
5	Snabb aktiv störningsreserv	30
5.1	Det nordiska systemdriftsavtalet (SOA).....	30
5.2	Nuvarande utformning	31
5.3	Nya gasturbiner.....	33
5.3.1	Investeringsomkostnad.....	33
5.3.2	Fasta och rörliga kostnader	34
5.4	Nuvarande användning.....	35
5.4.1	Balansskäl	35
5.4.2	Nätstörning	35
5.4.3	Spänningsreglering.....	35
5.4.4	Dödnätsstart	35
5.4.5	Ö-drift, frekvensreglering och underfrekvensstart	36
5.4.6	Aktiveringsstatistik 2012	36
6	Kravspecifikation.....	39
6.1	Tekniska krav	39
6.1.1	Tillgänglighet	39
6.1.2	Effektmässig storlek	39
6.1.3	Budstorlek.....	40
6.1.4	Aktiveringstid	40
6.1.5	Uthållighet och vilotid.....	40
6.1.6	Lokalisering	41
6.1.7	Miljö	41
6.1.8	Beredskapsnytta.....	42
6.1.9	Realtidsmätning.....	42
7	Kartläggning av förbrukningsreduktion.....	43
7.1	Installerad effekt.....	43
7.2	Avkopplingsbara laster.....	44
7.3	Industrilaster	47
7.3.1	Massa- och pappersindustrin	47
7.3.2	Stålindustrin	57
7.3.3	Kemikalieindustrin	70
7.4	Samlad teknisk och ekonomisk potential för förbrukningsreduktion.....	78
7.5	Kostnadsjämförelse mellan gasturbiner och förbrukningsreduktion	82
8	Avslutande diskussion	84
9	Slutsatser	88
9.1	Rekommendationer.....	89
9.2	Studiens rimlighet	89
10	Referenslista	90
10.1	Primärdata	90

10.2	Sekundärdata.....	90
10.2.1	Publikationer	90
10.2.2	Internet källor	92

1 Inledning

1.1 Bakgrund

En förutsättning för att ett elsystem ska fungera är att det råder momentan balans mellan produktion och konsumtion. Uppstår det obalans mellan inmatning och uttag av el från systemet faller eller ökar frekvensen i nätet till följd av detta. När det råder balans i det svenska elsystemet är frekvensen 50 Hz och all utrustning i nätet är därför anpassad till denna frekvens (Svenska kraftnät, 2013 A). Utrustning som är ansluten till nätet kan ta skada om det förekommer för stora frekvensvariationer och det är därför viktigt att frekvensen hålls inom bestämda intervall (Energimarknadsinspektionen, 2013).

Historiskt sett har produktionsanläggningar använts för att balansera elnätet, det vill säga att produktionen av el har styrts av kundernas behov. Hela elsystemet är uppbyggt efter denna premis och stora investeringar har gjorts i produktionsreserver för att kunna möta förbrukningen även vid höga effekttoppar. Det traditionella förhållandet mellan produktion och konsumtion håller dock på att ändras. Utbyggnaden av icke planerbar produktion, så kallad intermittent produktion, minskar möjligheten att justera tillförseln av el för att möta behoven. Allt större volymer intermittent produktion begränsar möjligheterna att möta efterfrågan på effekt med produktion och gör det svårt att fortsätta med det tidigare ensidiga förhållandet mellan produktion och konsumtion (Nylén, 2011). Det är därför intressant att öppna för en mer dynamisk lösning för att balansera elnätet genom flexiblare elanvändning, förbrukningsreduktion.

Förbrukningsreduktion vänder på förhållandet mellan produktion och konsumtion. Istället för att öka produktionen för att balansera systemet så minskar man istället förbrukningen. Detta är ingen ny lösning utan har diskuterats både i Sverige och internationellt i mer än 10 år och finns redan implementerad i den svenska effektreserven (Fritz et al. 2013). Det finns flera motiv för att använda förbrukningsreduktion för att balansera elnätet. Bland annat kan nämnas möjligheten för kunden att sänka sin förbrukning när det är brist på el från vind- eller solkraft och istället flytta förbrukningen till ett tillfälle när det råder god tillgång på el. Det minskar behovet att köra styrbara produktionsreserver som innebär en större miljöbelastning. Det är även så att det är de dyraste produktionsreserverna som tas i drift när det råder brist på effekt i nätet. Det kan därför vara lönsamt för kunder att flytta sin förbrukning för att sänka sina kostnader genom att köpa el när priset är lägre (Nylén, 2011). Ytterligare ett ekonomiskt argument för förbrukningsreduktion är det faktum att det är mycket kostsamt att dimensionera den totala produktionskapaciteten efter Extremsituationer som uppstår mycket sällan. Det har visats i flertalet studier att det är ett billigare alternativ att vid Extremsituationer istället reducera kunders förbrukning (Fritz et al. 2013).

Som nämnts ovan kan det vara intressant att använda förbrukningsreduktion för att balansera nätet för att undvika bristsituationer. Bristssituationer kan i praktiken uppstå på grund av två anledningar, hög förbrukning eller låg produktion. Hög förbrukning inträffar oftast under kalla vinterdagar då mycket el används för uppvärmning. För att hantera hög förbrukning finns det idag en effektreserv som tillhandahåller extra kapacitet till elmarknaden för att utbud och efterfrågan ska kunna mötas. Låg produktion kan till exempel inträffa vid plötsliga bortfall eller fränkopplingar av produktionsanläggningar eller att produktion blir otillgänglig genom fränkoppling av ledningar eller andra komponenter som reducerar överföringskapaciteten i stamnätet. Ett bortfall av denna typ kallas för nätstörning och leder ofta till obalans i kraftsystemet som måste balanseras.

För sådana situationer finns störningsreserver i det svenska elsystemet som snabbt ska kunna gå in och stötta balansen och återställa frekvensen i systemet.

1.2 Problematisering

I det svenska systemet finns det idag ett flertal marknadslösningar, reserver och systemvärn för att säkerställa balansen och driftsäkerheten. Två av dessa reserver som utvecklats för att hantera extrema balanssituationer är effektreserven och den snabba aktiva störningsreserven. Dessa reserver är utformade på olika sätt och har olika användningsområden men principen är den samma. Reserverna utgörs av på förhand uppköpt effekt som vid behov ska kunna avropas för att balansera förhållandet mellan elproduktion och elkonsumtion i det svenska elnätet. Nedan följer en kort redogörelse av skillnader och likheter mellan dessa reserver (Svenska kraftnät, 2013 a & Svenska kraftnät, 2013 b).

Effektreserven är en centralt upphandlad reserv i regi av Svenska kraftnät som ska garantera balansen i det svenska nätet under kalla vinterdagar när konsumtionen är mycket hög. Reserven utgörs av producenter och förbrukare som under vintermånaderna ingått avtal med Svenska kraftnät om att ställa extra kapacitet till elmarknadens förfogande. Den extra kapaciteten kan behövas för att klara den höga elförbrukningen som kan uppstå vid kallt väder. I dagsläget består effektreserven av 1 489 MW varav 36 % eller 531 MW utgörs av förbrukningsreduktion. Effektreserven är en produkt som ska garantera att effektkapaciteten är säkrad fram tills att marknaden själv kan hantera detta. Det är en tillfällig lösning vilket innebär att effektreserven successivt kommer fasas ut ur det svenska systemet genom en nedtrappning för att slutligen helt försvinna år 2020. Parallellt med utfasningen kommer effektreservens upphandlas så att den stegvis övergår från produktionsbud till att slutligen bestå av 100 % förbrukningsreduktionsbud (Svenska kraftnät, 2013 b). Nedtrappningen och övergången mot förbrukningsreduktion är en övergång mot en marknadslösning där det är tänkt att efterfrågefleksibilitet ska utgöra den balanserande resursen. (Svenska kraftnät, 2013 b)

Den snabba aktiva störningsreserven består till 100 % av produktionsanläggningar som är tillgängliga för att uppfylla de mål för driftsäkerhet som är fastställda av Svenska kraftnät. Grundläggande i dessa mål är det s.k. N-1 kriteriet vilket innebär att kraftsystemet ska tåla bortfall av en enskild huvudkomponent, (produktionsenhet, ledning, transformator, samlingsskena, förbrukning etc.). I praktiken innebär det en dimensionering efter den största möjliga komponentbortfallet, det så kallade dimensionerande felet (Svenska kraftnät, 2013 a). Ett typiskt dimensionerande fel är ett fel som innebär fränkoppling av systemets största produktionsenhet. I dagsläget består den snabba aktiva störningsreserven endast av gasturbiner med en samlad maximal effekt på ca 1 290 MW. Dessa gasturbiner hyrs in av Svenska kraftnät på långtidskontrakt och är tillgängliga för att hantera produktionsbortfall och överbelastningar i stamnätet. (Svenska kraftnät, 2013 a)

Både effektreserven och den snabba aktiva störningsterserven är tänkta att användas vid situationer som uppträder relativt sällan vilket innebär att kostnaden per använd MWh blir hög (Svenska kraftnät, 2013 a & Svenska kraftnät, 2013 b). Effektreserven består redan till viss del av efterfrågefleksibilitet som på sikt borde minska dessa kostnader och bidra till ett effektivare elsystem (Fritz et al. 2013). Det finns inga tydliga hinder mot att den snabba aktiva störningsreserven på sikt även skulle kunna utgöras av förbrukningsreduktion (Svenska kraftnät, 2013 a).

Rapporten *Störningsreservens långsiktiga hantering* (2013) är en genomgång av dagens snabba aktiva störningsreserv där behov, krav och möjligheter för en framtida utformning av reserven identifieras. I rapporten konstateras att dagens lösning på sikt skulle kunna kompletteras eller möjligen ersättas av andra lösningar som tillsynes skulle erbjuda liknande egenskaper. Bland annat diskuteras s.k. deltareglering av vindkraft där en viss del av vindkraften reserveras till reservmarknaden, energilager av olika slag som skulle kunna utgöra störningsreserv för att aktiveras vid behov, förbrukningsreduktion, laststyrning och reinvesteringar i nya gasturbiner. Rapporten skiljer på laststyrning och förbrukningsreduktion. Där laststyrning avser automatisk reduktion av förbrukning i mindre objekt som är spridd inom ett nätområde medan förbrukningsreduktion avser reduktion av enskilda större förbrukare.

Enligt rapporten bedöms befintliga gasturbiner ha en livslängd som sträcker sig fram till ca år 2030 och det är därför aktuellt att kartlägga de alternativa lösningarna ytterligare för att kunna besluta om en framtida strategi. Den alternativa lösningen som balanstjänsten på Svenska kraftnät anser ha störst potential att komplettera gasturbinerna i den snabba aktiva störningsreserven är förbrukningsreduktion (möte den 6 september). Därför är det av intresse att ytterligare utreda förutsättningarna för förbrukningsreduktion som snabb aktiv störningsreserv.

Övergången från att ha en snabb aktiv störningsreserv bestående av produktion till en bestående av förbrukningsreduktion är inte trivial. Den kanske viktigast frågan är om förbrukningsreduktion uppfyller de grundläggande krav som idag finns på den snabba aktiva störningsreservens funktionalitet men även frågan om det är ett kostnadseffektivt alternativ till en nyinvestering i gasturbinerna är av intresse. Den här studien kommer därför undersöka om den snabba aktiva störningsreservens gasturbiner på sikt skulle kunna ersättas av förbrukningsreduktion.

1.3 Syfte och frågeställningar

Syftet med denna rapport är att utreda förbrukningsreduktion som ett alternativ till gasturbiner som snabb aktiv störningsreserv. Syftet har begränsats till följande tre frågeställningar:

1. Uppfyller förbrukningsreduktion de grundläggandekrav som ställs på den snabba aktiva störningsreserven?
2. Vilken potential för förbrukningsreduktion finns idag på den svenska marknaden?
3. Hur kostnadseffektivt är förbrukningsreduktion jämfört med nya gasturbiner?

1.4 Mål

Målet är att utreda förutsättningarna för förbrukningsreduktion som del av den snabba aktiva störningsreserven. Detta mål kommer att uppfyllas genom följande delmål:

1. Utformningen av en kravmodell som tydligt redogör vilka grundläggande krav som i dag finns på snabb aktiv störningsreserv.
2. Genomförandet av en marknadsundersökning av den snabb aktiv störningsreservens potentiella leverantörer.
3. Verifiera om kraven uppfylls.

1.5 Avgränsningar

För att möjliggöra en undersökning av förbrukningsreduktion som en del av den snabb aktiv störningsreserv måste ett urval av förbrukare göras. Den här studien kommer endast inventera förbrukare som är egna förbrukningsreglerobjekt och därför har möjlighet att delta på reglermarknaden. Urvalet av förbrukare som ingår i studien har därmed begränsats till avkopplingsbara laster över 5 MW och industrilaster över 50 MW. Eftersom den snabba aktiva störningsreserven måste vara placerad i elområde 3 eller 4 begränsas urvalet av förbrukare ytterligare. Studien kommer alltså undersöka förbrukningsreglerobjekt bestående av avkopplingsbara laster och industrilaster lokaliserade i elområde 3 och 4.

2 Den svenska elmarknaden

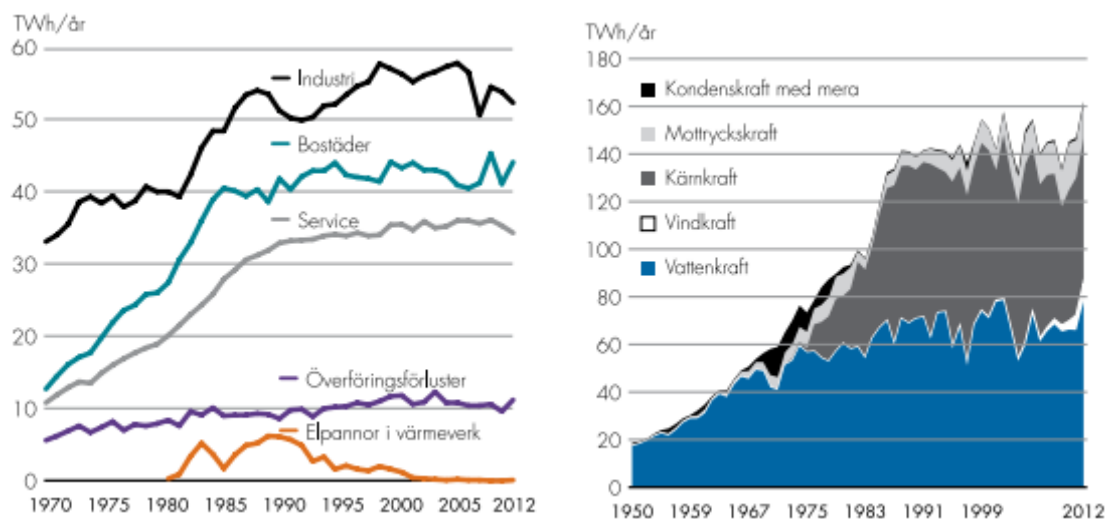
Undersökningen av snabb aktiv störningsreserv genom förbrukningsreduktion utgår från hur den svenska och nordiska elmarknaden är uppbyggd. Nedan följer en kort genomgång av de svenska förutsättningarna och elmarknaden med fokus på reglermarknaden och reservkraftmarknaden.

2.1 Det svenska elsystemet

2.1.1 Elproduktion

Den sammanlagda elproduktionen i Sverige uppgick 2012 till 162 TWh, vilket var ett nytt årshögsta för produktionen. Elproduktionen domineras idag av två koldioxidneutrala kraftslag, kärnkraft och vattenkraft. Som framgår av figur 1 utgjorde dessa två tillsammans mer än 85 % av den totala elproduktionen år 2012. På senare år har utbyggnaden av vindkraft ökat kraftigt men trots det stod vindkraften under förra året endast för 4 % av den totala elproduktionen medan kraftvärme med biobränsle och fossilbaserad produktion stod för 7 % respektive 3 % av den totala elproduktionen (Svensk energi, 2013 C). Den svenska produktionsmixen har alltså god klimatprestanda där hela 97 % av elen produceras med låga utsläpp av koldioxid. De fossileldade anläggningarna är främst en del av effektreserven och störningsreserven men förekommer även i några få kraftvärmeanläggningar. Fördelningen mellan de olika kraftslagen påverkar kraftsystemets stabilitet och förmåga att alltid leverera önskad mängd el (Svenskenergi, 2013 B).

Kärnkraften, kraftvärmen och stora delar av vattenkraften utgör idag baskraften i det svenska elsystemet. Det innebär att produktionen i förstahand inte styrs av efterfrågan på el. Vindkraften och andra förnybara resurser (sol- och vågkraft) kallas intermittent/icke reglerbar kraft vilket innebär att den producerar max efter sina förutsättningar som kan variera kraftigt från timme till timme. För att hantera dessa variationer i produktionen och även i konsumtionen används i Sverige, främst den resterande delen av vattenkraften men även andra produktionsslag och efterfrågefleksibilitet, som reglerkraft. För att hantera variationer i efterfrågan på el finns även möjlighet att importera/exportera el från/till grannländer. Eftersom grannländernas produktionsmix skiljer sig från den svenska erbjuder överföringsmöjligheterna ett sätt att utnyttja dessa skillnader för att stärka de sammankopplade elsystemen. Hur reglerkraften körs och om Sverige importerar/exporterar el avgörs i slutändan av marknaden som väljer det kostnadsmässigt mest fördelaktiga alternativet (Svenskenergi, 2013 C). Andra parametrar som är avgörande för kraftsystemets funktionalitet är elanvändning och elnätets utformning.



Figur 1: Tillväxten Sveriges elförbrukning fördelad på olika användare och till höger produktionen fördelad per kraftslag. (Svenskenergi, 2013 C)

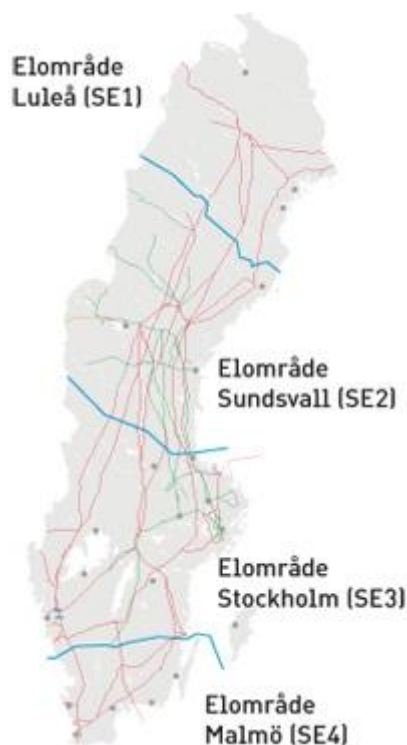
2.1.2 Elanvändning

Den totala elanvändningen år 2012 inklusive överföringsförluster var 142,4 TWh fördelat enligt figur 1 ovan. De största elförbrukarna år 2012 var industrin med totalt 52,5 TWh följt av bostäder med 43 TWh. I figur 1 syns även tydligt hur elanvändningen ökat kraftigt mellan 1970 och 1990 vilket kan förklaras av att det var en långvarig högkonjunktur under den här tiden. Elanvändningens utveckling är historiskt starkt kopplat till tillväxten i samhället vilket också syns tydligt i industriförbrukningens nedgång vid lågkonjunkturen i början av 1990-talet och finanskrisen år 2008. I Sverige står ett fåtal branscher för en stor del av elanvändningen inom industrin. De tre största branscherna var år 2012 pappers- och massa industrin 21,5 TWh, järn- och stålindustrin 7,4 TWh och kemiindustri 7,1 TWh.

2.1.3 Elöverföring

Det svenska elsystemet karaktäriseras av stor produktion i norr och stor förbrukning i söder. Transmissionssystemet möjliggör transport av el från vattenkraftstationerna i norr till konsumenter i söder. För att hantera planerad handel och överföring med hänsyn till stamnätets överföringskapacitet på ett sätt som är förenligt med EU:s regler beslutade Svenska kraftnät 1 november 2011 att dela den svenska marknaden i fyra budområden, s.k. elområden, för utbud och efterfrågan av el enligt figur 2. Elområdena är tänkta att reflektera de överföringsbegränsningar som finns i det svenska stamnätet i elmarknaden. Om överföringskapaciteten mellan elområdena är större än den efterfrågade överföringen blir det samma elpris i alla elområden. Om däremot efterfrågan på överföring överstiger överföringskapaciteten uppstår en s.k. flaskhals i nätet. Det innebär att det importerande elområdet måste starta upp produktion till ett högre pris för att möta efterfrågan. Genom marginalprissättningen, där det sista antagna budet bestämmer priset för hela volymen får man ett högre pris i importområdet och det har då uppstått s.k. prisområden, vilket är elområden som har olika pris på spotmarknaden. På sikt hoppas man att förändringen leder till att nätet själv regleras så att elproduktionen i ett område bättre motsvarar förbrukningen och man slipper transportera elen långa sträckor. Snitten mellan elområdena, som markeras med blått i figur 2, indikerar vart i det Svenska nätet som överföringsbegränsningarna eller flaskhalsarna finns. Elområdena benämns från norr till

söder SE1, SE2, SE3 och SE4 medan snitten i samma ordning heter snitt1, snitt2 och snitt4. (Svenska kraftnät, 2013 C)



Figur 2: Det svenska elnätet. (Svenska kraftnät, 2013 C)

2.2 Aktörer på den svenska elmarknaden

2.2.1 Elproducenter

Elproducenter är precis som det låter, de aktörer som producerar och via inmatningspunkter förser elnätet med el. Ett vanligt scenario är att producenterna säljer elen till ett elhandelsföretag som i sin tur säljer den vidare till konsumenterna. (Svensk Energi, 2013 A)

2.2.2 Elnätet och nätägare

Det svenska elnätet är indelat i tre delar; stamnät, regionnät och lokalnät. Regionnäten och lokalnäten ägs av olika nätägare medan stamnätet ägs och drivs av systemoperatören Svenska kraftnät. Stamnätet är ett högspänningsnät som knyter samman produktionsanläggningar, utlandsförbindelser och regionnät. Regionnäten är länken mellan stamnätet och lokalnät och nätanslutning för stora elkunder såsom elintensiva industrier. Lokalnäten är den slutgiltiga länken ner till de mindre konsumenterna. Elnätets uppgift är att transportera elen från producenterna till konsumenterna. Elnätsföretagens ansvarar för driften av de nät som de äger samt för mätning av inmatad och uttagen el. Uppmätt förbrukning och produktion ska sedan rapporteras till berörda aktörer på elmarknaden (Svensk Energi, 2013 A). Enligt ellagen tillåts inte nätägare göra affärer på elmarknaden eftersom elhandel och nät ägande inte får utföras av samma juridiska person (Notisum, 2014).

2.2.3 Elanvändare

Elanvändaren eller konsumenten är antingen en privatperson eller en näringsidkare som använder el. Konsumenten får via ett avtal med nätägaren och en nätavgift tillgång till det Svenska elnätet och på så vis även den Nordiska elmarknaden. Ellagstiftningen gör att nätägaren och elleverantören inte får vara samma juridiska person vilket medför att konsumenten även måste sluta avtal med en elleverantör. (Svensk Energi, 2013 A)

2.2.4 Elhandelsföretag

Elhandelsföretag är ett samlingsnamn för de aktörer som handlar med el på den nordiska elmarknaden. Elhandelsföretagen kan vara såväl elproducenter som balansansvariga, traders eller elleverantörer. Anledningen till att de utför handel på marknaden skiljer sig således åt. Producenten vill sälja sin produktion medan till exempel de balansansvariga försöker handla sin portfölj i balans och elleverantörer förser sina kunders elbehov. Varje elleverans måste ingå under ett balansansvar och därför överlappar ofta dessa roller varandra och det är inte ovanligt att ett företag besitter alla dessa roller. (Svensk Energi, 2013 A)

2.2.5 Systemansvarig (Transmission system operator, TSO)

Svenska kraftnät är ett statligt affärsverk som förvaltar det svenska stamnätet och har systemansvaret för hela det svenska elnätet. Systemansvaret innebär ett ansvar för att summan av all produktion, import, export och konsumtion är noll, så att det råder balans i systemet. I praktiken handlar det om att grovt justera balansen i nätet under drifttimman på reglermarknaden, sköta den nationella balansavräkningen samt att se till att elsystemets anläggningar samverkar för driftsäkerhet genom att bland annat handla upp reserver för hantering av driftstörningar. (Svensk Energi, 2013 A)

2.2.6 Balansansvariga

Som nämnts inledningsvis är det av största vikt att det råder balans mellan förbrukning och produktion i elnätet för att hålla frekvensen inom intervallet 49,9-50,1 Hz. De primära garantierna för att upprätthålla balansen i kraftsystemet är de så kallade balansansvariga företag som tecknar balansavtal med Svenska kraftnät. De företag som åtar sig ett balansansvar är skyldiga att planera så att uttaget av el i en uttagpunkt täcks av en lika stor del produktion. Denna balans kan uppnås antingen genom att reglera egen produktion och användning eller genom handel på den nordiska elbörsen, Nord Pool Spot. Fram till drifttimmen har de balansansvariga möjlighet att handla sig i balans på Nord Pools spotmarknader Elspot och Elbas. Under drifttimmen tas ansvaret för balansen över av TSO:en, i Sverige, Svenska kraftnät. För att hantera obalanser och skapa jämvikt i kraftsystemet samt säkerställa driftsäkerhet har Svenska kraftnät tillgång till en reglermarknad (Andersson et al. 2013).

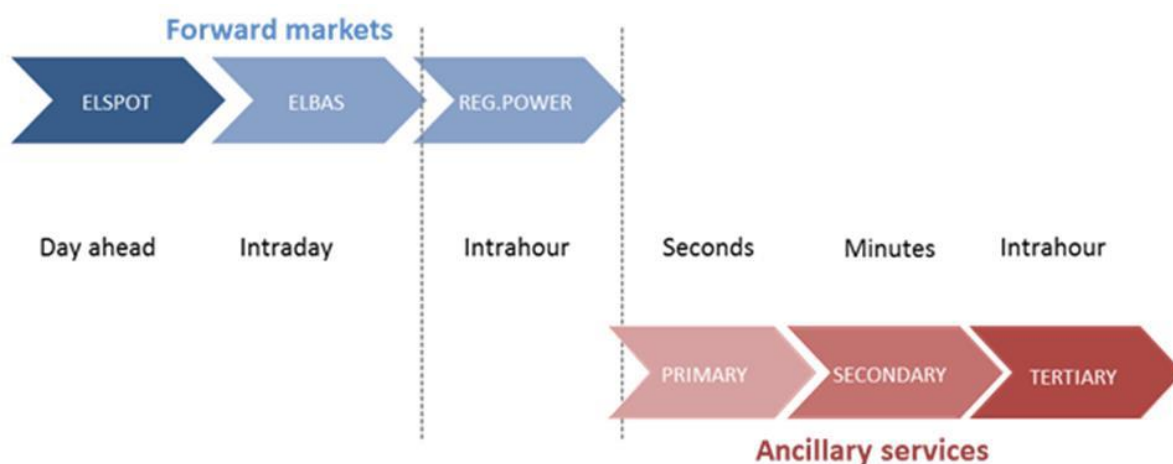
2.2.7 Aggregerare

En relativt ny roll på den svenska elmarknaden är så kallade aggregerare. Aggregerare säljer lösningar där existerande reservkraft och förbrukningsreduktion aggregeras och anpassas för att användas på reservmarknaden. Härigenom frigörs resurser som tidigare inte varit tillgängliga för reservmarknaden. Aggregerarna tecknar avtal med förbrukare för att få tillgång till den förbrukningsflexibilitet som de kan erbjuda. Sedan anpassas reservkraftverk och förbrukningsreduktion så att den kan användas i till exempel

effektreserven. Aggregeraren samordnar sedan resurserna från en driftcentral. (Damsgaard et al. 2006)

2.3 Elbörsen

Den svenska elmarknaden är en del av den nordiska marknaden, Nord Pool Spot. Huvuddelen eller ungefär 70 % av all el som används i det nordiska systemet handlas via Nord Pools handelsplatser. Handeln sker via flera handelsplatser och marknader. Skillnaden mellan handelsplatserna handlar i stort om tiden från marknadens stängning till drifttimmen. Den handel som inte sker via Nord Pool handlas upp via så kallade bilaterala avtal, avtal mellan två parter, producenter och konsumenter (Hansson et al. 2013). Genom avtalen förbinder sig parterna att göra affärer med en fastställd volym el till ett bestämt pris under en viss tidsperiod. Dessa avtal möjliggör för fastprisabonnemang flera år framåt i tiden (Dalakraft, 2013). En schematisk överblick av handelsplatserna kan ses nedan i figur 3 och en genomgång av marknaderna följer i avsnitt 2.3.1-2.3.2.



Figur 3: Nord Pools marknader och reservmarknader. (Hansson et al. 2013)

2.3.1 Elspot och Elbas

Den största delen av all el som handlas på den nordiska elbörsen handlas via Elspot vilket är en så kallad "Day ahead market" det innebär att säljare och köpare ingår avtal om handel med el för nästkommande dag. Handeln bygger på prognoser från aktörerna om hur mycket el som kommer att produceras respektive konsumeras det kommande dygnet. Köparen uppskattar hur mycket el de kommer att förbruka timme för timme nästkommande dygn samt hur mycket de är villiga att betala. På ett likande sätt prognostiserar säljarna hur mycket de är villiga att producera kommande dygn till ett givet pris. När marknaden stänger klockan 12.00 listas de inkomna buden för produktion och konsumtion i separata budstegar som sedan slås ihop för att bilda ett så kallat priskryss som sätter systempriset timme för timme för kommande dygn. Om överföringen mellan elområdena befinner sig inom överföringsbegränsningarna och inga flaskhalsar uppstår gäller system priset i alla elområden. Systempriset avgör hur många MWh som de budande aktörerna köper eller säljer varje timme kommande dygn. De aktörer som justerar sin förbrukning eller produktion efter systempriset sägs använda prisberoendebud och utgör en flexibel del av elmarknaden. Till skillnad från de aktörer som ingår fastprisabonnemang som utgör en opåverkbar del av marknaden.

Producenter, konsumenter och elhandelsföretag säljer och köper el på Elspot enligt behov beroende på pris. Oförutsedda händelser, som att ett kraftverk slutar fungera eller att en konsumenters fabrik har ett driftstopp, kan göra att prognoserna för produktionen och konsumtion slår fel. Därför finns det ytterligare en handelsplats där handeln sker närmare drifttimmen och aktörer har en möjlighet att handla sig i bättre balans, Elbas. Elbas öppnar klockan 14.00 och håller öppet fram till 45 minuter innan drifttimmen. I praktiken stänger Elbas aldrig utan handeln pågår ständigt för det innevarande dygnet, elbas är en så kallad "intraday market" (Nordpool, 2013).

2.3.2 Reglermarknaden

Under drifttimmen tar Svenska kraftnät över ansvaret för balansen i nätet. I stora drag balanseras elnätet genom kraftaffärer på en "intra-hour market" reglermarknaden. På reglermarknaden har Svenska kraftnät möjlighet att vid behov avropa produktions och/eller förbrukningsreduktions bud för att hålla frekvensen i nätet. Aktörerna som är aktiva på reglermarknaden måste vara kopplad till en balansansvarig och lägga bud på upp- eller nedreglering som ska vara minst 10 MW (Undantaget elområde 4 där 5 MW accepteras). Det finns inget krav på aktiveringstid men anläggningar som kan aktiveras inom 15 minuter kräver en realtidsmätare. Det kravet saknas för bud som har en längre aktiveringstid än 15 minuter (Svenska kraftnät, 2013 c). Förutom effektmässig storlek innehåller även buden information om aktiveringspris, elområde och produktions/reduktionsanläggningen. Buden sammanställs därefter av de nordiska TSO:erna till en gemensam nordisk budstegen. När behov av reglering uppstår avropar Svenska kraftnät det mest optimala budet från budstegen, baserat på både kvantitet och pris. Denna manuella reglering används för att återställa den primära reglerreserven (frekvensreserven) så att ny momentan obalans åter kan hanteras (Elforsk, 2013). Efter varje drifttimme görs en avräkning som visar hur stora obalansen varit, vem som orsakat den och kostnaderna som det medfört. Kostnaderna fördelas därefter mellan de balansansvariga företagen som bidragit till obalansen, på så vis skapas ett ekonomiskt incitament att sträva efter balans (Andersson et al. 2013). Eftersom det finns en osäkerhet vad gäller utbud och efterfrågan på reglermarknaden finns det i extremfall risk för effektbrist. Därför har Svenska kraftnät enligt lagen (2003:436) om effektreserv krav på sig att under vinterperioden (16 november – 15 mars) tillhandahålla en effektreserv (Svenska kraftnät, 2013 b). Även den snabba aktiva störningsreserven ligger med i budstegen men avropas först efter att alla kommersiella bud och effektreservsbud har avropats.

2.3.3 Effektreserven

Effektreserven är, som nämns i avsnitt 1, en reserv som ska garantera effektbalansen vid extrem förbrukning under vinterperioden (Svenska kraftnät, 2013 b). Reserven upphandlas årsvis för att finnas tillgänglig under vintermånaderna. För att vara med i effektreserven måste resursen vara kopplad till en balansansvarig enligt de regler som finns för handel på reglermarknaden. Dessutom är minsta möjliga budvolym som accepteras 5 MW. Upphandlingen av effektreserven görs genom att förbrukare och producenter lämnar in bud på hur stora resurser i MW de vill delta med. I buden finns uppgifter om vilken ekonomisk ersättning (fastersättning) som krävs för att delta samt en mängd andra uppgifter. De förmånligaste anbuderna antas sedan för att utgöra effektreserven. Effektsäsongen 2012-2013 uppgick den genomsnittliga administrativa ersättningen för deltagande i effektreserven till 68 000 kr/MW vilket innebär en kostnad motsvarande 204 000 kr/MW, år. Under perioden 16 november – 15 mars har Svenska

kraftnät full dispositionsrätt för resurserna i effektreserven vilka används på följande sätt (Svenska kraftnät, 2013 c).

2.3.3.1 Produktionsresurser

Produktionsresurserna bjuds inför varje driftdygn ut på den nordiska elbörsen Nord Pool Spot. Reserven avropas dock endast om det uppstår en avkortningssituation, det vill säga när utbud och efterfrågan inte möts och bildar ett priskryss. Priset för de produktionsresurser som avropas sätts till högsta kommersiella bud plus 0,1 euro per MWh, förutsatt att det täcker Svenska kraftnäts rörliga kostnader. Resurserna som inte avropas på elbörsen bjuds istället ut på reglermarknaden. Buden från effektreserven avropas även här efter de kommersiella buden och priset sätts till det högsta priset av de kommersiella buden. (Svenska kraftnät, 2013 b)

2.3.3.2 Förbrukningsresurser

Förbrukarna som är delaktiga i effektreserven lägger själva bud på Nord Pool Spot inför varje leveransdygn men behandlas, till skillnad från produktionsbuden i effektreserven, som vilket annat bud som helst. Anledningen till att förbrukarna har en annan hantering beror på att effektreserven inte ska tvinga förbrukare att fortsätta sin elanvändning och på så vis bidra till en eventuell effektbrist och avkortningssituation. Förutsatt att resursen inte avropas på Elspot bjuds den ut på reglermarknaden där den behandlas på samma sätt som produktionsbuden med den skillnaden att förbrukningsresurserna avropas innan produktionsresurserna. De avropas alltså först efter att samtliga kommersiella bud avropats och till priset av det högsta kommersiella budet. Resursägaren får ersättning för aktivering av sitt bud med det pris som hen själva satt på reglerkraftmarknaden. Den administrativa ersättningen delas ut för de timmar resursen är tillgänglig på reglermarknaden. (Svenska kraftnät, 2013 b)

2.3.4 Framtida utformning

I ett utdrag ur regleringsbrevet för år 2013 står följande om effektreserven:

”Lagen (2003:436) om effektreserv upphör att gälla i mars 2020. Avsikten är att en successiv övergång till en marknadslösning ska ske genom en stegvis nedtrappning av effektreservens storlek, som ska minska från 2000 MW till 750 MW innan effektreserven helt avskaffas (se prop. 2009/10:113). Under denna utfasningsperiod kommer också den andel av effektreserven som utgörs av efterfrågefleksibilitet att öka från 25 procent till att under de sista tre åren utgöra 100 procent av effektreserven.”

Effektreserven kommer som nämns ovan att avskaffas, detta är planerat till den 15 mars 2020. Fram till dess ska en övergång mot en marknadslösning ske genom stegvis nedtrappning av reserven. Den successiva övergången mot en reserv bestående av förbrukningsreduktion är även en del av den framtida marknadslösningen. Genom att aktivera förbrukningsbud på reglermarknaden ökar antalet reglerobjekt vilket troligtvis kommer leda till en större reglermarknad i framtiden (Svenska kraftnät, 2013 b). Effektreservens framtida storlek och minsta andel förbrukar bud kan ses i tabell 1 som är hämtad från rapporten effektreserven (2013).

Tabell 1: Effektreservens storlek och andelen bestående av förbrukningsreduktion.

Period	Högsta volym centralt upphandlad effektreserv (MW)	Minsta andel skapad genom avtal om minskad förbrukning (%)
16 mars 2011 - 15 mars 2013	1750	25
16 mars 2013 - 15 mars 2015	1 500	50
16 mars 2015 - 15 mars 2017	1 000	75
16 mars 2017 - 15 mars 2020	750	100

2.4 Kapacitetsreserver

Som en del i systemansvaret har Svenska kraftnät i uppgift att tillhandahålla reserver som vid tillfälliga lastvariationer eller eventuella systemstörningar kan gå in och balansera nätet. Reserverna har olika aktiveringstid och olika funktion. I stort kan de delas in i primär- och sekundärreglering eller på engelska Frequency Containment Reserve (FCR) och Frequency Restoration Reserve (FRR). Som framgår av figur 3 ovan är primärregleringen nästan momentan medan sekundärregleringen har en längre aktiveringstid. (Svenska kraftnät, 2013 A)

2.4.1 Frekvensstyrd normaldriftsreserv (FCR-N)

Det är av största vikt att frekvensen i det nordiska systemet hålls inom intervallet 49,9-50,1 Hz. Stokastiska produktionsavvikelser måste därför justeras momentant vilket till största del sker med hjälp av den frekvensstyrda normaldriftsreserven (FCR-N). FCR-N består i Norden av vattenkraftverk som kontinuerligt känner av variationer i frekvensen och reglerar kraftproduktionen för att kompensera för dessa variationer. Sjunkande frekvens i nätet leder till ökad produktion i vattenkraftverken och vice versa.

Det är de nordiska TSO:erna som ansvarar för att köpa upp och säkerställa tillgången på FCR-N. Totalt, i det nordiska systemet, ska det finnas minst 600 MW tillgängligt för reglering av frekvensvariationer mellan 49,9 och 50,1 (Andersson et al. 2013). Av dessa 600 MW ansvarar Svenska kraftnät för att handla upp ca 230 MW (Elforsk, 2013). Anskaffningsansvaret är fördelat mellan TSO:erna proportionerligt mot den årliga elförbrukningen. Upphandlingen av FCR-N sker både för morgondagen och för dagen efter morgondagen.

2.4.2 Frekvensstyrd störningsreserv (FCR-D)

Den frekvensstyrda störningsreserven (FCR-D) är liksom FCR-N automatisk, frekvensstyrd vattenkraft men har till funktion att klara plötsliga driftstopp eller bortfall av enstaka enheter i elnätet. FCR-D finns alltså för att uppfylla delar av N-1 kriteriet. Den aktiveras således först vid större frekvensvariationer då frekvensen sjunker under 49,9 Hz och ska vara helt aktiverad då frekvensen sjunkit till 49,5 Hz. Upphandlingen av denna reserv sker på samma sätt som för FCR-N. Storleken på reserven bestäms på veckobasis beroende på det dimensionerande felets¹ storlek cirka 1 300 MW varav Sverige har ansvar för att tillhandahålla ca 400 MW. (Andersson et al. 2013)

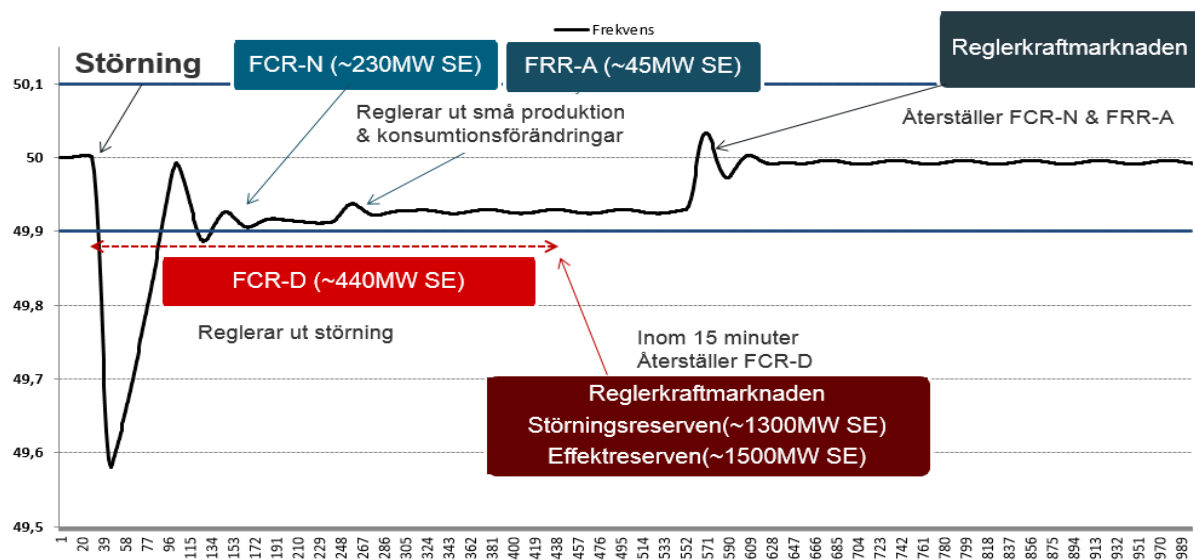
2.4.3 Snabb aktiv störningsreserv (FRR-M)

Den snabba aktiva störningsreserven är en manuell reserv som är tillgänglig inom 15 minuter efter beordrad start. Huvudsyftet är att då en allvarlig driftstörning inträffar återföra systemet till normaldrift dvs. att återställa den automatiska frekvensstyrda störningsreserven, FCR-D, så att transmissionssystemet åter uppfyller N-1 kriteriet. Reservens avropas manuellt från Svenska kraftnäts kontrollrum antingen via telefon eller via elektroniska avrop. Den snabba aktiva störningsreserven har precis som FCR-D effektstorlek som bestäms av det dimensionerade felets storlek. Upphandlingen av reserven görs via långtidskontrakt var på Svenska kraftnät får full disponeringsrätt till resurserna som ingår i reserven. Hela reserven på cirka 1300 MW köps upp i det Svenska systemet men det finns vissa möjligheter att dela reserven mellan länder. En utförligare beskrivning av reservens utformning och användning kommer i avsnitt 5. (Svenska kraftnät, 2013 a)

2.4.4 LFC (FRR-A)

Från och med januari 2013 finns det även en automatisk frekvensstyrd sekundärreglering, LFC. Bakgrunden till den nya reserven är den försämrade frekvenskvaliteten i det nordiska synkronområdet. LFC-reserven är fortfarande under prövning men i dagsläget upphandlas minst 100 MW i Norden varav 45 MW i Sverige. Reservens syfte är att minska antalet timmar som frekvensen ligger utanför nominell frekvens $50 \pm 0,1$ Hz. (Svenska kraftnät, 2013 D) I figur 4 nedan illustreras frekvens förlopp vid en driftstörning och när de olika reserverna aktiveras. Efter den inledande störningen aktiveras den frekvensstyrda störningsreserven och återför snabbt tillbaka frekvensen inom 49,9-50,1 Hz. När frekvensen befinner sig inom 100 mHz intervallet tar den frekvensstyrda normaldriftsreserven och LFC åter över regleringen. Eftersom frekvensen inte stiger till 50 Hz är det troligt att båda dessa reserver är "utreglerade" och därför måste de återställas manuellt genom affärer på reglermarknaden. Den frekvensstyrda störningsreserven återställs också genom affärer på reglermarknaden där även resurserna i effektreserven och den snabba aktiva störningsreserven ligger med sist i budstegen efter de kommersiella buden. Den frekvensstyrda störningsreserven måste återställas inom 15 minuter efter aktivering för att systemet åter ska klara ett dimensionerande fel.

¹ Största möjliga felfallet



Figur 4: Exempel på frekvensen förlopp efter en störning och när aktiveringen av de olika reserverna sker

3 Tidigare forskning

För att motivera de metodologiska valen följer här en kortare genomgång av tidigare forskning inom ämnet förbrukningsreduktion. Avsnittet ska tydliggöra vilken forskning som gjorts på ämnet dels för att sätta denna studie i ett större perspektiv dels för att undvika att utföra jobb som redan gjorts.

Den här studien utgår från utredningen *Störningsreservens långsiktiga hantering* (2013) som är en genomgång av dagens snabba aktiva störningsreserv där behov, krav och möjligheter för en framtida utformning av reserven identifieras. Studien kartlägger hur dagens snabba aktiva störningsreserv är uppbyggd och hur den används i driften. Med utgångspunkt i kommande europeiska nätkoder och framtida utbyggnadsplaner för det svenska kraftnätet analyseras det framtida behovet av snabb aktiv störningsreserv och uppskattas till 1 450 MW år 2020. Rapporten granskar därefter vilka lösningar som på sikt skulle kunna komplettera eller ersätta dagens gasturbiner. Förutom att reinvestera i befintliga gasturbiner övervägs bland annat s.k. deltareglering av vindkraft. Att deltareglera vindkraft innebär att man medvetet reglerar ner elproduktionen från vindkraft för att vid behov kunna öka produktionen. Regleringsutrymmet som skapas kan användas som en snabb aktiv störningsreserv. Ett annat alternativ som diskuteras är energilager av olika slag. Av de energilager som övervägs anses batterier vara den lösning som uppfyller kraven för snabb aktiv störningsreserv bäst, dock anses kostnaden i dagsläget vara för stor för att introducera tekniken i en större skala. Slutligen diskuteras två olika alternativ av efterfrågefleksibilitet; laststyrning och förbrukningsreduktion. Laststyrning i det här fallet avser reduktion av förbrukning i mindre objekt som kylskåp eller värmepumpar. I ett framtidsscenario antas dessa objekt kunna utgöra en del av den snabba aktiva störningsreserven genom frekvensstyrd till- och frånkoppling. Redan i dag är det dock möjligt att avtala med större förbrukare om att de ska reducera sin förbrukning vid en större störning, så kallad förbrukningsreduktion. Förbrukningsreduktion fastställs som ett verktyg som bör övervägas i den snabba aktiva störningsreserven. Dels eftersom det är ett miljövänligt alternativ till gasturbiner, dels för att det inte kräver något underhåll för drift, inget bränslelager och att det är enkelt och snabbt. Det som saknas i studien är en djupare analys av om förbrukningsreduktion kan uppfylla de funktionskrav som ställs på snabb aktiv störningsreserv samt om det finns en tillräcklig potential på den svenska marknaden. Det görs visserligen en uppskattning av den tekniska potentialen men den säger egentligen ingenting om vilka möjligheter förbrukarna har att klara de grundläggande kraven för att ingå i en framtida snabb aktiv störningsreserv. Det är denna analys som denna studie vill bidra med.

För att sätta den här studien i ett sammanhang kommer en kortare genomgång av forskning som utförts på ämnet förbrukningsreduktion att behandlas nedan. Det har gjorts många studier, utförda på universitet och myndigheter, om hur efterfrågefleksibilitet ska kunna integreras i kraftsystemet som en balansresurs. Det vill säga hur efterfrågefleksibilitet ska kunna bli en del av marknaden för reglerkraft. Det saknas däremot i stor grad forskning på hur förbrukningsreduktion kan bidra till störningsreserver av olika slag. Här finns det en lucka att fylla och det är det som denna rapport vill bidra med.

3.1 Potentialen

I rapporten *effektkapacitet hos kunder* (2007) poängteras att potentialen är ett av de viktigaste verktygen för att bedöma möjligheterna att använda förbrukningsreduktion till

systemtjänster. Att genomföra studier av potentialen anses vara ett relativt nytt fenomen varför det inte finns några väl utarbetade instrument för detta. Eftersom potentialundersökningar på förbrukningsreduktion är ett outvecklat område introducerar rapporten termer från energieffektiviserings sammanhang, teknisk potential, ekonomisk potential och marknadspotential. Teknisk potential innebär det totala potential förbrukningsreduktion som är möjlig utan hänsyn till ekonomiska och marknadsmässiga hinder. Ekonomisk potential är den del av den tekniska potentialen som kan realiseras givet specifika ekonomiska kriterier. Slutligen är marknadspotential den faktiska mängd förbrukningsreduktion som kan uppnås genom ett specifikt förbrukningsreduktionsprogram. Det finns ett antal studier rörande teknisk och ekonomisk potential för förbrukningsreduktion på olika marknader. Dessa studier undersöker hela den tekniska och ekonomiska potentialen för förbrukningsreduktionsprogram men ställer inga specifika krav på funktionaliteten hos förbrukningsreduktionen. Nedan följer en kort genomgång av dessa studier.

Elforsks studie, *Studie av effektreduktion hos mellanstora elkunder (2006)*, gör en uppskattning av den tekniska och ekonomiska potentialen hos mellanstora kunder i Sverige. Den tekniska potentialen definieras genom en övergripande inventering av förutsättningarna för förbrukningsreduktion. De utvalda förbrukarna kontaktas per telefon och frågas ut om deras förutsättningar. Den ekonomiska potentialen för förbrukningsreduktion i de undersökta branscherna bedöms ligga mellan 90 och 130 MW beroende på konjunkturläge. En stor del av möjligheterna ligger i att utnyttja överkapacitet eller tillfällig ledig kapacitet genom att skjuta upp starter eller göra korta stopp i produktionen. Detta gäller främst inom järn- och stålindustrin men även kemikalieindustrin. Studien gör dock ingen åtskillnad mellan förbrukare med avseende på vilken typ av förbrukningsreduktion de kan leverera, endast att de skulle kunna leverera förbrukningsreduktion.

Ytterligare en studie av den svenska potentialen för förbrukningsreduktion är *Förbrukningsreduktion på reglerkraftmarkanden (2012)* som genomförts av Svenska kraftnät. I rapporten görs en inventering av förbrukningsanläggningar i det svenska nätet. Data till inventeringen är hämtad från Svenska kraftnäts arkiv där de balansansvariga själv rapporterar in förbrukningsanläggningar av typerna industri- och avkopplingsbara laster. Det är bara de största industrierna med en installerad effekt över 50 MW som registreras, det vill säga endast de mest energiintensiva. Avkopplingsbar last är laster, ofta elpannor eller värmepumpar, som på grund av sitt elabonnemang kan kopplas bort från nätet. Potentialen för förbrukningsreduktion uppskattas därefter från den installerade effekten utifrån ett antagande att industrier förväntas kunna dra ner sin förbrukning 20 % och avkopplingsbara laster förväntas kunna dra ner hela förbrukningen. Resultatet visar att det finns en stort teknisk potential på den svenska marknaden hela 1 125 MW förbrukningsreduktion, som enligt rapportens antagande kan lägga bud på reglermarknaden. Denna potential är endast en uppskattning och det finns inte något som stärker att 20 % av industrins installerade effekt skulle kunna avvaras till förbrukningsreduktion. Urvalet av förbrukningsanläggningar är dock intressant för den här uppsatsen och ett likande koncept kommer även att användas för att identifiera förbrukare i den här uppsatsen.

En tysk studie, *The potential of demand side management in energy intensive industries in Germany (2011)*, görs uppskattningar av den tyska marknads tekniska och ekonomiska potential. Författaren hävdar att den största ekonomiska potentialen för förbrukningsreduktion återfinns inom den industriella sektorn inom storskaliga och

energiintensiva processer. För att välja ut vilka industrier som ska studeras används både den ”fulla potentialen” (Total förbrukning) och ”ekonomisk effektivitet” (energikostnad av total kostnad) som urvals kriterier. En genomgång av industriprocesserna görs också för att utesluta industrier som inte kan bidra till förbrukningsreduktion. Den tekniska potentialen utgörs av förbrukningen hos de branscher som kvarstår efter urvalet och beräknas till 2 660 MW. En granskning av de valda branschernas industriprocesser görs för att förtydliga på vilket sätt som de kan bidra till förbrukningsreduktion. Metoden att studera industriprocesser är intressant även för den här rapporten eftersom det kan identifiera vilka möjligheter och hinder som föreligger för förbrukningsreduktion. De industrier som är intressanta för den här rapporten är pappers- och massaindustrin, stålindustrin och kemikalieindustrin.

3.2 Förbrukningsreduktion i industriprocesser

3.2.1 Pappers- och massaindustrin

Pappers- och massaindustrin producerar en mängd olika produkter såsom kartong, tidningspapper och toalettpapper. Råvaran som används vid tillverkning är framförallt återvinningspapper och pappersmassa. Pappersmassa består av fibrer som extraheras från trä genom antingen en kemisk eller en mekanisk process. Den huvudsakliga potentialen för förbrukningsreduktion finns i den mekaniska tillverkningsprocessen eftersom den är mycket elintensiv. Den mekaniska delen av processen kan startas och stoppas helt inom några få minuter vilket gör den extra intressant som alternativ till snabb aktiv störningsreserv. Den begränsning som ändå finns är att förbrukningen inte kan stoppas och startas momentant utan att skada produktionsutrustningen. Det torde finnas en stor potential för förbrukningsreduktion inom pappersindustrin eftersom det är möjligt att lagerhålla pappersmassa som en buffert vid eventuella neddragningar. Enligt den Tyska studien *The potential of demand side management in energy intensive industries in Germany* (2011) så har de flesta pappersbruk möjlighet att lagerhålla cirka 1,5 timmars lager vid full produktion (Paulus et al. 2011).

3.2.2 Stålindustrin

Stålproduktion kan ske antingen genom återvinning av stålskrot eller genom nyproduktion. I de industrier där man återvinner stålskrot används en ljusbågsugn för att smälta stålskrotet. I den processen genereras värme antingen genom induktion eller genom att en elektrisk ljusbåge som påbörjar smältningen av stålet. Den största potentialen för laststyrning finns i den här delen av processen. Fördelen med processen, med hänsyn till förbrukningsreduktion, är att den kan avbrytas momentant. Problemet är givetvis att smältprocessen avbryts och kommer behöva börja om från början om avbrottet varar för länge. Typiskt tar smältprocessen ca 45 minuter och behållaren töms och återfylls på ungefär 15 minuter. Det gör att utnyttjandegraden inte kan överstiga 75 % vilket innebär en begränsning vid användning som snabb aktiv störningsreserv (Paulus et al. 2011).

3.2.3 Kemikalieindustrin

Den kemiska industrin är en heterogen bransch som består av företag med vitt skilda förutsättningar för förbrukningsreduktion. Det är därför svårt att dra generella slutsatser om de kan bidra till förbrukningsreduktion och på vilket sätt. Den svenska undersökningen *Studie av effektreduktion hos mellanstora elkunder* (2006) visar dock att

cirka 80-100 % av den totala elförbrukningen används i produktionsprocessen. Effektuttaget är också jämt fördelat över dygnet och året i de industrier som undersökts i den studien det gör kemikalieindustrierna intressanta för laststyrning.

3.3 Möjliga effektreduktioner inom industrin

Elforsks studie, *Studie av effektreduktion hos mellanstora elkunder (2006)*, identifierar flera möjliga källor till förbrukningsreduktion inom industriprocesser. Några av dessa möjligheter som är intressant för denna studie beskrivs nedan.

3.3.1 Lagerhållning

Ett möjligt sätt att förskjuta och tillfälligt stänga ner produktionsprocesser är att ha en produktionsbuffert, ett lager. Det gör att tillverkningen inte längre är ett kritiskt moment för att möta en kunds efterfrågan. Lagerhållning kan på så vis skapa utrymme för flexibilitet i produktion och elanvändning. Lagerhållning kan ske både av färdiga slutprodukter och av delvis förädlade produkter. De delvis förädlade produkterna kan skapa utrymme för flexibilitet i delprocesser inom industrin och på så vis möjliggöra förbrukningsreduktion som inte påverkar produktionstakten (Cronholm et al. 2006).

3.3.2 Omdisponering av tillverkning

Omdisponering av produktion kan göras då det finns kapacitetsutrymme för att senarelägga produktion eller om det finns möjlighet att jobba ikapp förlorad produktion. Om sådana möjligheter finns kan produktionen stoppas och på så vis bidra till förbrukningsreduktion (Cronholm et al. 2006).

3.3.3 Förändring av kringssystem

Kring energiintensiva industrier byggs det alltid upp omgärdande system som till exempel ventilation, uppvärmning etc. I stora industrier är det möjligt att använda dessa kringssystem för förbrukningsreduktion utan att påverka produktionen (Cronholm et al. 2006).

3.3.4 Egen elproduktion

Industrier med egna elproduktionsanläggningar för reservbruk kan vid behov byta ut konsumtion av el från nätet mot egen producerad el. Det kan diskuteras om detta faktiskt är förbrukningsreduktion men det är hur som helst en möjlighet att frigöra resurser till reglermarknaden och reserver (Cronholm et al. 2006). Åtgärden uppfyller även Svenska kraftnäts definition för förbrukningsreduktion som är att minska uttaget av effekt från stamnätet.

3.3.5 Avkopplingsbar last

Många industrier har installerade elpannor för ång- och hetvattenproduktion som reserv. Vanligtvis används olje- eller gaseldade pannor men vid tillfällen då produktionen med el är billigare än produktionen med det alternativa drivmedlet körs elpannorna istället. Kopplat till dessa elpannor finns ofta kontrakt med nätbolagen att elpannorna kan kopplas bort vid ökat effektbehov på elnätet. Dessa elpannor kan vara ett alternativ till snabb förbrukningsreduktion. (Cronholm et al. 2006)

3.4 Utformning av program för förbrukningsreduktion

I rapporten *Effektkapacitet hos kunderna* (2007) konstateras att det finns många olika sätt att utforma program för förbrukningsreduktion. Efter en genomgång av flertalet marknadslösningar konstateras även att det inte finns två program som är exakt lika eftersom det alltid finns vissa skillnader i marknadens utformning. Det har ändå gjorts ett försök att gruppera program för förbrukningsreduktion i tre grupper:

- **Systemsäkerhetsprogram:** Program som är utformade för att förse systemansvariga eller nätägare med operativ reservkapacitet. I de flesta fallen tilldelas förbrukaren som deltar i dessa program en fastersättning för att hålla kapacitet tillgänglig. Ofta är det den systemansvarige som står för ersättningen antingen genom att ingå avtal med förbrukare eller upphandling på en marknadsplats. På andra marknader erbjuder nätägare reducerade energiavgifter eller reducerade abonnemangsavgifter för att locka förbrukare att delta i programmen. Den fasta ersättningen ger förbrukarna ett incitament att delta i programmet eftersom de direkt får en belöning för att delta. I utbyte mot den fasta ersättningen ger den anslutna konsumenten den systemansvarige möjlighet att avropa/aktivera reduktion när det behövs. Om konsumenten inte uppfyller sin del i avtalet utgår vanligtvis någon form av bestraffning (Fritz, 2007).
- **Ekonomiska/frivilliga program:** Dessa produkter är utformade för att ta tillvara förbrukares förbrukningselasticitet och används inte för att erbjuda reservkapacitet. De är därför inte aktuella för den här studien (Fritz, 2007).
- **Tidstariffer/realtidsprissättningsprodukter:** Även dessa program är utformade för att ta tillvara på kunders efterfrågeelasticitet. Det handlar i grunden om att genom prissignaler göra kunder uppmärksamma på förhållandet mellan tillgång och efterfrågan på marknaden. Dessa produkter är inte heller intressanta för den här studien (Fritz, 2007).

Rapporten *Affärsmodeller för ökad efterfrågerespons på elmarknaden* (2006) slår fast att det grovt sett finns två kategorier av program för förbrukningsreduktion. Den första kategorin använder elpriset för att styra bort konsumtion från höglasttimmar medan den andra använder avtal för att göra förbrukningsreduktion tillgängligt vid behov. Vilket program som bör väljas beror på vilket problem som man vill lösa med hjälp av efterfrågefleksibilitet. Studien menar att om syftet är att efterfrågeresponsen ska utgöra en störningsreserv är det sannolikt lämpligare att använda avtal med förbrukare än att förlita sig på priset som styrmedel. Mer specifikt menar studien att en lösning där den systemansvarige har direktkontroll över förbrukarnas laster är att föredra. Det ger en snabb, säker och fullständigt förutsägbar förbrukningsreduktion vilket kan fungera som en störningsreserv (Damsgaard et al. 2006).

Det är långt ifrån alla som är överens om hur förbrukningsreduktion ska introduceras på marknaden. Den tyska studien, *The potential of demand side management in energy intensive industries in Germany* (2011), hävdar att förbrukningsreduktion inte bör upphandlas genom långtidskontrakt. Anledningen till att det inte skulle fungera är att förbrukare normalt inte kan prognostisera förbrukning mer än max en, två dagar framåt. I studien hävdas också att direktkontroll över industriförbrukares laster inte är lämplig eftersom industrier vanligtvis inte vill förlora kontrollen över sin egen produktionsprocess (Paulus et al. 2011).

4 Metodik

4.1 Ämnesval och utförande

Detta examensarbete är skrivet och utfört på uppdrag av Svenska kraftnät. Svenska kraftnät är systemansvarig för det svenska kraftsystemet och är ansvariga för effektbalansen, det vill säga balansen mellan produktion och konsumtion i elnätet. Som en del i systemansvaret måste Svenska kraftnät tillhandhålla reserver som vid behov kan aktiveras för att balansera elnätet. En av dessa reserver är den snabba aktiva störningsreserven som i dag utgörs av kontrakterade gasturbiner. Dessa turbiner kommer inom en närstående framtid behöva ersättas på grund av en hög ålder och en begränsad livslängd. Det erhållna uppdragets syfte var således att utvärdera tänkbara lösningar för att ersätta dessa gasturbiner. Syftet begränsades ytterligare, efter ett möte mellan berörda parter den 6 september 2013, till att enbart utvärdera en alternativ lösning, förbrukningsreduktion. Utvärderingen av förbrukningsreduktion som alternativ till snabb aktiv störningsreserv kommer ske genom en värdering av den tekniska och ekonomiska potentialen för förbrukningsreduktion på den svenska marknaden. Den tekniska och den ekonomiska potentialen tas fram genom intervjuer med ett urval industrikunder där deras möjligheter, tekniska och ekonomiska, till förbrukningsreduktion jämförs mot en kravspecifikation för den snabba aktiva störningsreserven.

4.2 Förstudie och orienteringsfas

Projektets arbetsprocess kan grovt delas in i fyra huvudsakliga delar. Den första delen i arbetsprocessen bestod i planering, informationsinhämtning och ämnesorientering. Det här skedet av arbete bestod till stor del av att sätta sig in i problematiken med förbrukningsreduktion samt att specificera studiens syfte och frågeställningar. Största delen av tiden gick åt till att sätta sig in i hur elmarknaden och kraftsystemet fungerar med tyngdpunkt på reglermarknad och reserver. Inläsningen gjordes främst via sekundärdata från hemsidor och rapporter.

4.3 Kartläggning och kravspecifikation

Efter orienteringsfasen övergick arbetet i en kartläggningsfas av dagens snabba aktiva störningsreserv. Denna del av arbetsprocessen utfördes genom en så kallad triangulering, det vill säga en blandning mellan en kvalitativ och kvantitativ studie som ofta ger en tydligare bild av helheten än vad en ensam metod gör (Eliasson, 2006). Till att börja med kartlades dagens snabba aktiva störningsreserv huvudsakligen genom inläsning av sekundärdata. Rapporten *Störningsreservens långsiktiga hantering (2013)* har i denna kartläggning varit ett leddokument för att hitta relevanta rapporter och handlingar på Svenska kraftnäts intranät.

Kartläggningen mynnade ut i en kravspecifikation där hårda och mjuka krav för den snabba aktiva störningsreserven identifierats genom en metod starkt inspirerad av Nasas *System Engineering Handbook (2007)*. Det första steget var att identifiera vilka tekniska och funktionella dimensioner som begränsar utformningen av dagens snabba aktiva störningsreserv (NASA, 2007). Detta arbete genomfördes, som nämnts tidigare, framförallt genom en granskning av rapporten *störningsreservens framtida hantering (2013)*.

För att utveckla en god kravspecifikation är det nödvändigt att identifiera krav både från Svenska kraftnät och krav utifrån och då framförallt från högre nivåer. För att göra en fullständig kravspecifikation bör även krav från kunder, i det här fallet förbrukare, tas i beaktande (NASA, 2007). Det har inte gjorts i den här uppsatsen på grund av att uppgiften i stort handlar om att se om elkunderna kan erbjuda den snabba aktiva störningsreserv som efterfrågas av Svenska kraftnät. Fokus har därför legat på de krav som Svenska kraftnät ställer samt de krav som strömmar ner från högre nivåer. Information om kraven utifrån inhämtades framförallt via en genomgång av *Det Nordiska systemdriftsavtalet* (2006) och EU:s nätkoderna som planeras träda i kraft under de närmaste åren. Granskningen av dessa dokument mynnade ut i en ett antal hårda och mjuka krav fördelade över dimensioner av teknisk-, funktionell- och prestandakaraktär (NASA, 2007). Skillnaden mellan hårda och mjuka krav tydliggörs genom att kraven konkretiseras i ”ska” eller ”bör” påståenden (NASA, 2007).

Eftersom Svenska kraftnät saknar interna dokument som redogör för vilka krav som ställs på den snabba aktiva störningsreserven så har dessa krav adderats genom en dialog med personer från avdelningarna balanstjänsten, driftanalys och elberedskap. Detta skedde både genom samtal/intervjuer men även genom att personerna granskade kravspecifikationen skriftligt och kom med kommentarer och funderingar. En intressents förväntningar klargörs först när de får specificera vad de förväntar sig av slutprodukten (NASA, 2007).

4.3.1 Kvalitativa data

De personer som genom granskning, kommentarer och dialog varit delaktiga från Svenska kraftnät presenteras närmare nedan med befattning.

Tabell 2: Personer som bidragit till kravspecifikationen från Svenska kraftnät

Namn	Avdelning
Christer Bäck	Drift, balanstjänsten
Lars Karlström	Anläggningar, tekniska förstudier
Andreas Westberg	Drift, kraftsystemanalys

4.4 Kartläggning av förbrukningsreduktion

Parallellt med kartläggningen av den snabba aktiva störningsreserven pågick även arbetet med kartläggningen av de förbrukare som kan tänkas bidra till förbrukningsreduktionen. Nedan följer en beskrivning av den metod som använts för att definiera urvalet, förbrukningen och potentialen.

4.4.1 Urval av förbrukare

Utgångspunkten för urvalet av förbrukare som ingår i studien är rapporten *Förbrukningsreduktion på reglerkraftmarkanden* (2011) genomförd på Svenska kraftnät. Rapporten identifierar två typer av laster eller förbrukningsanläggningar som har

möjlighet att delta på reglermarknaden och alltså även utgöra kundpotential för förbrukningsreduktion i störningsreserven (Svenska kraftnät, 2013 a):

- **Industrilaster** som har ett uttagsabonnemang på minst 50 MW.
- **Avkopplingsbara laster** omfattar elpannor och värmepumpar som överstiger 5 MW där nätägaren har avtal med anläggningsägaren om att anläggningen kan kopplas bort vid behov. Dessa förbrukare är även enligt Svenska kraftnäts föreskrift 2012:1 försedda med en frekvensbortkopplare.

Förbrukningsanläggningarna är lämpliga att undersöka på grund av att medverkande på reglerkraftsmarknaden eller i effektreserven kräver att förbrukare är egna förbrukningsreglerobjekt vilket dessa är. Det är därför rimligt att anta att detta krav även kommer gälla förbrukningsreduktion i den snabba aktiva störningsreserven. Att en anläggning är ett förbrukningsreglerobjekt innebär den balansansvariga parten har krav på sig att rapportera in körplaner för objektet till Svenska kraftnät senast kl. 16.00 dagen innan leverans. Svenska kraftnäts balanstjänst får med hjälp av planerna information om vart i systemet produktion och relevant förbrukning kommer att ske (Svenska kraftnät, 2010).

Valet att studera just dessa laster grundar sig även i andra studier där energiintensiva industrier och avkopplingsbara laster identifieras som lämpliga för förbrukningsreduktion på grund av deras höga ekonomiska potential (Cronholm et al. 2006 & Paulus et al. 2011).

Information om industri- och avkopplingsbara laster ska enligt avtal med de balansansvariga företagen rapporteras in till Svenska kraftnät. Detta har inte skett på ett tillfredställande sätt och därför inleddes studien av förbrukarna med att uppdatera erforderliga data. Ett mejlutskick gjordes därför till 23 balansansvariga företag som ombads uppdatera sin information angående industri- och avkopplingsbara laster. Uppdateringen skedde via Svenska kraftnäts standard Excelmall (se bilaga X) och svar erhöles från 15 av de 23 tillfrågade balansansvarig. För de företag som inte uppdaterade sin information antogs historisk data från 2011 fortfarande gälla. Nedan, i tabell 3, redovisas de företag och personer som utskicken om uppdatering utgick till samt om de uppdaterade eller inte.

Tabell 3: Personer och balansansvariga kontaktade angående förbrukningsanläggningar

Balansansvarig	Företagsrepresentant	Uppdatering
Bergen Energi	Thorbjørn Eeg	2013-09-20
Bixia AB	Alain Angeralides	2013-09-19
E.ON Värme	Lotta Grinneland	-
E.ON Vattenkraft	Göran Åberg	2013-09-27
ENA Energi	Erik Holmen	-
Energiakolmio OY	Anttila Jouni	-

Fortum Vatten	Henrik Ryman	2013-09-20
Fortum Värme	Per- Olof Mellander	2013-09-20
Göta Energi	Patrik Olofsson	-
Göteborgs Energi Din El	Mattias Linell	2013-09-20
Jämtkraft	Johan Hautakoski	2013-10-03
Kraft och Kultur	Finn Dag Hovem	2013-09-30
Markedskraft	Harri Friman	2013-09-27
Modity Energy Trading AB	Martin Sällberg	2013-09-26
Mälarenergi AB	Rune Schremser	2013-09-23
Starkraft Energy AS	-	-
Scandem	Morgan Bergström	2013-10-03
Skellefteåkraft AB	Jonas Tengman	-
Tekniska Verken i Linköping AB	Åsa Windoff	2013-09-26
Telge Kraft AB	-	-
Wallenstam Natur och Energi AB	Kaj Lamton	2013-09-23
Vattenfall AB	Mats Hagelberg	2013-09-19
Västerberslagens Kraft AB	-	-

4.4.2 Industrins tekniska och ekonomiska potential

Potentialen för förbrukningsreduktion är, som nämnts tidigare, avgörande för att bedöma vilka möjligheter som finns för förbrukningsreduktion som olika systemtjänster (Fritz, P, 2007).

Den tekniska potentialen definieras i den här rapporten av hur stor förbrukningsreduktion som är möjlig inom industrin utan långvariga störningar i produktionen (Cronholm et al. 2006 & Fritz, P, 2007). Den tekniska potentialen i industrin uppskattades därför genom

en inventering av produktionsmönster och produktionsprocesser i utvalda industrilaster. För att bedöma tillgängligheten timme för timme över året hos förbrukningsreduktionen används förbrukningsdata och förbrukningsprognoser. Genom att kombinera information om industriprocesserna med förbrukningsmönstret skapas en tidsserie över den tekniska potentialen över ett år. Industrilaster har dessutom kategoriserats per industrityp för att underlätta inventeringen av den tekniska potentialen då tidigare studier visat att det finns liknade möjligheter för förbrukningsreduktion inom samma bransch (Cronholm et al. 2006 & Paulus et al. 2011). Undersökningen av industrierna har gjorts via telefonintervjuer med sakkunniga personer på varje företag.

Den ekonomiska potentialen beskrivs i *Effektkapacitet hos kunder* (2007) som den del av den tekniska potentialen som kan realiseras av efterfrågeåtgärder som möter specifika ekonomiska kriterier. Det har i den här uppsatsen tolkats som förbrukarens alternativkostnad, det vill säga, vad det minst skulle kosta att realisera den tekniska potentialen. Det medför att den ekonomiska potentialen i den här studien kommer uttryckas som en funktion av industrins kostnad för förbrukningsreduktionen. Även denna information har erhållits under intervjuer med representanter för respektive företag. Uppskattningen av den rörliga kostnaden görs på olika sätt beroende på vilken typ av förbrukningsreduktion som kan erbjudas. Omdisponering av produktion värderas mot täckningsbidraget medan övrig förbrukningsreduktion värderas mot aktiveringspriset på Elspot. Generellt ska kostnaden för förbrukningsreduktionen minst ersätta förluster i intäkter hos industrin.

Den kvalitativa studien av förbrukarna genomfördes via telefonintervjuer (på grund av det geografiska avståndet till och mellan respondenterna). Intervjuerna hölls först efter att den inledande orienteringsprocessen och inläsningen perioden avslutats för att viktig information inte skulle förbises på grund av bristfällig kunskap inom ämnet (Lantz, A, 2012). Eftersom kunskapen om industriernas produktionsprocess och möjlighet till medverkan i förbrukningsreduktion till stor del var helt okänd genomfördes intervjuerna på ett semistrukturerat vis. Det gav respondenterna möjlighet att lyfta fram information som han eller hon själv ansåg kunde vara relevant för studien (Gillham, 2005). Tanken med en semistrukturerad intervju är att det ska finnas frågor eller teman som ska behandlas men fortfarande lämna utrymme för respondenten och intervjuaren att komma med egna idéer och initiativ under intervjun (Bryman & Bell, 2010). För att förbereda respondenterna inför intervjuerna sammanställdes en intervjuguide som i punktform gav en tematisk genomgång av intervjuens innehåll. Punkterna formulerades som öppna frågor för att lämna utrymme för diskussion och egna reflexioner. Innan intervjuguiden skickades ut till respondenterna så granskades den och kommenterades av medarbetare på Svenska kraftnät, Jesper Nyberg på Balanstjänsten och Zarah Andersson på Marknadsdesign. Därefter reviderades den innan den bifogades via epost för att ge respondenterna chans att förbereda sig inför intervjun. Intervjuguiden i bilaga X.

4.4.3 Val av respondenter

Första kontakten med intervjupersonerna togs efter och under ett dialogforum om hur tillverkande industri kan dra nytta av smarta elnät som hölls den 23 oktober 2013 i Stockholm. På forumet slöts flera intressanta kontakter med energiansvariga på företag och branschorganisationer. Dessa kontakter användes senare som intervjupersoner men även för att få kontaktuppgifter till energiansvariga på de utvalda företagen.

De energiansvariga på respektive företag kontaktades därefter först via telefon med en förfrågan om de ville ställa upp på intervjuer. Efter den inledande kontakten skickades ytterligare information i form av en intervjuguide för att förbereda respondenterna på den kommande intervjun och under vidare kontakter så sattes datum för intervjuerna. I tabell 4 nedan presenteras respondenterna som bidragit till denna undersökning närmare genom befattning och företagskoppling.

Tabell 4: Respondenter inom industrin

Respondent	Befattning	Företag	Datum
Anders Heldemar	Kraft och Energi koordinator	Stora Enso	2013-11-06
Johan Schönström	Energy manager	BillerudKorsnäs	2013-11-06
Helén Axelsson	Energi och miljö	Jernkontoret	2013-11-07
Roger Andersson	Projektlidare	Holmen Energi	2013-11-11
Reine Spets	Energispecialist	Borealis AB	2013-11-14
Kent Olsson	Energy manager	INEOS AB	2013-11-13
Stefan Nordmark	Ekonomichef	Vargön Alloys AB	2013-11-13
Erland Nyden	Energi koordinator	Outokumpu AB	2013-12-10
Simon Bengtsson	Energisamordnare produktion	Outokumpu AB	2013-12-10
Anders Lund	Energi koordinator	Ovako Bar AB	2013-12-12
Bengt Allén	Energiingenjör	Preem AB	2013-12-18

4.5 Förbrukningsreduktion eller gasturbiner

För att en organisation på goda grunder ska kunna fatta ett strategiskt beslut liknande det med störningsreserven menar Hamel och Prahalad (1993) att beslutsfattarna måste vara medvetna om styrkor och svagheter med de tänkbara alternativen. Strategiska beslut ska heller inte fattas utan hänsyn till externa förhållanden som påverkar de olika alternativens framtida möjligheter. Därmed är det avgörande att strategisk planering görs med hänsyn till såväl interna som externa förhållanden för att på bästa sätt utnyttja de möjligheter som finns. Att fullt ut förstå vilka alternativ som finns och hur de förhåller sig till varandra är en förutsättning för att över huvud taget fatta strategiska beslut som går i linje med de externa krav som finns på en organisation (Panagiotou et al., 2005).

Enligt Haberberg (2000) är ett av de tidigaste och mest använda verktygen för beslutsfattande, SWOT-analysen, passande för att fatta strategiska beslut. För att utvärdera alternativen för snabb aktiv störningsreserv har därför en variant av en Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT)-analys genomförts. SWOT-analysen härrör från företagsekonomisk litteratur och utvecklades som ett verktyg för att utvärdera olika affärsmöjligheter. Ursprungligen så är huvudkomponenterna i en SWOT-analys ett företags interna förutsättningar, det vill säga, dess styrkor och svagheter och det externa affärsklimatet som beskrivs av möjligheter och hot (Markovska, 2009). I föreliggande studie kommer alternativen, förbrukningsreduktion och gasturbiner, vägas mot varandra genom att studera motsvarande komponenter för de olika alternativen. Förbrukningsreduktions styrkor och svagheter kommer att vägas mot styrkor och svagheter för gasturbiner. Fokus för de båda alternativens styrkor och svagheter är kring de tekniska och funktionella dimensioner som kravspecifikationen behandlar. Anledningen till detta är att det finns få hårda krav och många mjuka vilket gör att alternativen måste utvärderas mot varandra.

Trots att SWOT-analysen är ett användbart verktyg som kan ge en värdefull bild av ett strategiskt problem så finns det svagheter med metoden. Det finns de som menar att metoden förenklar komplexa problem allt för mycket och att den inte bidrar med någon ny information utan endast hjälper till att se på informationen vi redan har på ett nytt sätt. Trots dessa invändningar används SWOT-analysen ofta för att påbörja strategiska beslutsprocesser. (Panagiotou et al., 2005)

I den här studien kommer dimensionerna i SWOT-analysen att användas som ett underlag för att diskutera de olika för- och nackdelarna med gasturbiner respektive förbrukningsreduktion som snabb aktiv störningsreserv. Det kommer alltså inte att genomföras en regelrätt SWOT-analys utan snarare en kvalitativ SWOT-diskussion.

4.6 Källkritik

Som tidigare nämnts så har informationsinhämtningen till denna studie gjorts via triangulering, det vill säga en kombination av en kvantitativ- och en kvalitativstudie som ökar trovärdigheten (Eliasson, 2006). Följaktligen så har både primära och sekundära källor använts för informationsinsamling. De primära källorna i den här studien utgörs av de respondenter som bidragit med information via intervjuer. Respondenterna har valts ut på grund av deras positioner på företagen som gör att de har kännedom om elmarknaden och den interna produktionsprocessen. Viss information av företagshemlig karaktär, t.ex. om affärs- eller driftförhållanden, vars röjande kan medföra skada i konkurrenshänseende kan ha undanhållits i intervjuvaren. Att använda primära källor ökar studiens tillförlitlighet eftersom informationen inte kommer direkt från källan och därför inte hunnit förvrängas. Genomförandet av intervjuer medför alltid en viss risk för missförstånd och missuppfattningar. Intervjuerna har spelats in för att minimera denna risk. (Jacobsen, 2002)

De sekundära källorna har en stor spridning och består av publicerade forskningsrapporter, böcker, myndighetsdokument och hemsidor. En stor spridning av källor bidrar till trovärdigheten i studien även om publicerade källor anses ha en större trovärdighet än andra dokument eftersom de granskas på ett helt annat sätt (Jacobsen, 2002).

5 Snabb aktiv störningsreserv

Den snabba aktiva störningsreserven är en manuell reserv som är tillgänglig med full produktion inom 15 minuter efter beordrad start. Huvudsyftet är att då en allvarlig driftstörning inträffar återföra systemet till normaldrift dvs. att återställa de automatiska frekvensstyrda reserverna, FCR-N och FCR-D, så att transmissionssystemet åter uppfyller N-1 kriteriet. Den snabba aktiva störningsreservens effektstorlek bestäms av det dimensionerade felets storlek. I dagsläget finns ingen uttrycklig beskrivning av hur den snabba aktiva störningsreserven skall användas men hur den ska dimensioneras och hanteras beskrivs i det nordiska systemdriftavtalet. (Svenska kraftnät, 2013 a)

5.1 Det nordiska systemdriftsavtalet (SOA)

Regelverket för hur den snabba aktiva störningsreserven ska dimensioneras och hanteras är reglerat i det nordiska systemdriftavtalet (Svenska kraftnät, 2013 a). Detta avtal är en konsekvens av att det nordiska kraftsystemet är synkront sammankopplat. Det gemensamma synkronområdet ställer krav på de nordiska systemoperatörerna (TSO) att upprätthålla en sammanhållen drift med tillfredställande säkerhet och kvalitet. Syftet med avtalet är att tillvarata de fördelar som en sammankopplad drift kan bidra med bland annat nämns att främja effektivt utnyttjande av befintliga resurser (ENTSO-E, 2006).

Snabb aktiv störningsreserv behandlas i bilaga 2 i systemdriftavtalet i följande text:

”Snabb aktiv störningsreserv ska finnas för att återskapa frekvensstyrd normaldriftreserv och frekvensstyrd störningsreserv när dessa reserver utnyttjats eller fallit bort samt för att återföra överföringar inom gällande gränser efter störningar.

Snabb aktiv störningsreserv ska vara tillgänglig inom 15 minuter.

Snabb aktiv störningsreserv ska finnas i den omfattning och vara lokaliserad så att systemet kan föras tillbaka till normal drift efter fel.

Storleken på den snabba aktiva störningsreserven bestäms av det enskilda delsystemets värdering av det lokala behovet. Flaskhalsar i nätet, dimensionerande fel och liknande ingår i värderingen härav.

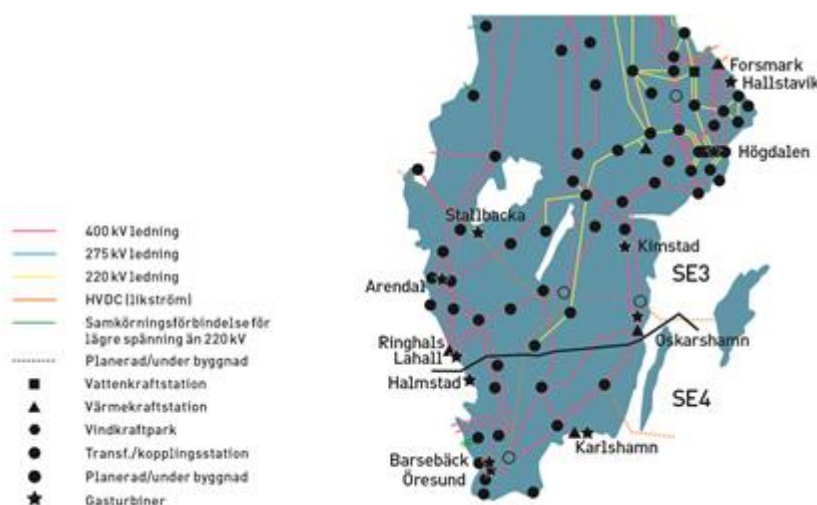
De systemansvariga har genom avtal eller eget ägande försäkrat sig om snabb aktiv störningsreserv. Denna reserv består av gasturbiner, värmekraft, vattenkraft och förbrukningsfrånkoppling. I runda tal har Fingrid 1 000 MW, Svenska kraftnät 1 290 MW, Statnett 1 200 MW och Energinet har totalt ca 900 MW varav 600 MW i Östdanmark (där 300 MW är långsam aktiv störningsreserv som vid speciella tillfällen kan göras snabb). Om reserver inte kan överföras via Stora Bält, mellan Östdanmark och Västdanmark, köps de upp till dimensionerande fel i både Östdanmark och Västdanmark.

Vid behov kan ett delsystem hålla en viss del av snabb aktiv störningsreserv för ett annat delsystem, om det finns ledig överföringskapacitet för det. Sådan reservhållning avtalas mellan berörda delsystems systemansvariga vid varje tillfälle och samtliga systemansvariga ska informeras om detta.”

Dagens utformning och nyttjande av den svenska snabba störningsreserven är givetvis baserad på dessa regler. I följande stycken kommer en genomgång av hur reserven är uppbyggd och hur den används i dagsläget.

5.2 Nuvarande utformning

Reglerna för den snabba aktiva störningsreserven i SOA har tolkats och implementerats av Svenska kraftnät. Resultatet består idag av gasturbiner i elområde 3 och 4 med en maxeffekt på cirka 1 290 MW. För att få tillgång till turbinerna har Svenska kraftnät tecknat långtidskontrakt med varierande längd. De längsta kontrakten sträcker sig till 2024. Valet av gasturbinernas lokalisering grundar sig i underskottet på produktions- och reglerresurser i område 3 och 4. Genom att placera reserven i underskottsområden slipper man reservera överföringskapacitet i snitten för att vid behov kunna föra över effekt från reserven till underskottsområdet. Att placera reserven i elområde 3 och 4 är därför en effektivare lösning avseende såväl produktionsresurser och utnyttjande av överföringskapacitet (Svenska kraftnät, 2013 a). Figur 5 visar vart i område 3 och 4 som turbinerna är lokaliserade.



Figur 5: Lokalisering av snabb aktiv störningsreserven

Gasturbinparken ägs till viss del av Svenska kraftnät genom dotterbolaget Svenska kraftnät Gasturbiner AB men flertalet turbiner är även inhyrda via kontrakt med E.ON Värmekraft och Fortum Värme. En genomgång av alla turbiner som nyttjas i den snabba aktiva störningsreserven visas, bolag för bolag, i tabell 1, 2 och 3. Tabellerna är hämtade från rapporten Störningsreservens långsiktiga hantering (2013) och innehåller information om avtal, placering, effekt och idrifttagnings år. Informationen om avtalslängd är uppdaterad i enlighet med de senaste avtalen.

Tabell 5: E.ON Kraftvärmes gasturbiner

Aggregat	Idrifttagning [år]	Märkeffekt [MW]	Avtal giltigt till [år]	Elområde
Barsebäck G13	1974	37	2024	4
Barsebäck G14	1974	37	2024	4
Karlshamn G13	1974	37	2015	4

Halmstad G11	1973	70	2021	4
Halmstad G12	1993	166	2021	4
Malmö G24	1971	63	2021	4
Malmö G25	1972	63	2021	4
Oskarshamn G13	1974	37	-	3
Oskarshamn G23	1974	37	-	3
Summa		547		

Tabell 6: Fortum Värme gasturbiner

Aggregat	Idrifttagning [år]	Märkeffekt [MW]	Avtal giltigt till [år]	Elområde
Högdalen G5	1973	43	2013	3
Värtan G3	1969	54	2016	3
Summa		97		

Tabell 7: Svenska kraftnät GT

Aggregat	Idrifttagning [år]	Märkeffekt [MW]	Avtal giltigt till [år]	Elområde
Arendal B1	1974	60	2014	3
Hallstavik B3	1975	60	2014	3
Hallstavik B4	1975	60	2014	3
Kimstad B1	1972	70	2014	3
Kimstad B2	1972	70	2014	3
Lahall B1	1970	60	2014	3
Lahall B2	1970	60	2014	3
Lahall B3	1973	60	2014	3
Lahall B4	1973	60	2014	3
Stallbacka B1	1975	70	2014	3
Stallbacka B2	1975	70	2014	3
Summa		700		

5.3 Nya gasturbiner

Leasingavtalen för gasturbinerna som redovisas i avsnitt 5.2 ovan skiljer sig åt mellan de olika aktörerna. Avtalen är konfidentiella och kan därför inte återges i det här arbetet. Istället kommer kostnaderna för att investera i nya gasturbiner redovisas tillsammans med underhålls- och driftskostnaderna för Svenska kraftnäts gasturbiner. Genomgången av dessa kostnader är tänkt att ge en bild av vad det skulle kosta för Svenska kraftnät att nyinvestera i gasturbiner och använda dem som snabb aktiv störningsreserv.

5.3.1 Investeringsomkostnad

Eftersom dagens gasturbiner är föråldrade och i ett framtidsscenario måste bytas ut är det intressant att studera vilka kostnader nya gasturbiner skulle ha som jämförelse. Det görs i den här studien genom att redovisa kostnaderna för Fingrids nya gasturbiner. Anskaffningsvärdet för de nya turbinerna var drygt 110 miljoner euro för 320 MW vilket i svenska kronor motsvarar cirka 1 000 mkr (Svenska kraftnät, 2013 a). Den årliga kostnaden för investeringen beror av livslängden för gasturbinerna samt räntan på det lån som investeringen innebär enligt annuitetsmetoden. Annuitetsmetoden är en ekonomisk metod som används för att beräkna den årliga kostnaden av en investering givet nuvärde,

ränta och livslängd. Metoden är användbar när man vill jämföra kostnaden för en investering kontra att leasa samma produkt. Den är därför användbar i detta fall då kostnaden för att investera i gasturbiner ska jämföras med kostnaden för att leasa gasturbiner (Expowera, 2013).

En kalkylränta på 5 % samt en livslängd på 50 år, vilket är en rimlig räntesats och livslängd för en investering i gasturbiner, innebär en årlig kostnad för den finska gasturbinsinvesteringen på cirka 55 mkr. Det motsvarar en kostnad på 172 000 kr/MW, år.

5.3.2 Fasta och rörliga kostnader

Det är inte bara avskrivningarna för investeringen i gasturbiner som innebär kostnader. Driften och underhållet av turbinerna måste också beaktas om nya turbiner ska kunna användas som en snabb aktiv störningsreserv. Driftskostnaderna kommer i denna studie att likställas med driftskostnaderna för Svenska kraftnät gasturbiners drift enligt resultaträkningen år 2012. De fastakostnaderna utgörs av flera konton i resultaträkningen och redovisas i tabell 8 nedan. Om kostnaderna slås ut över Svenska kraftnät GT:s samtliga aggregat så erhålls en genomsnittligkostnad på ungefär 46 500 kr/MW, år. Kostnader för underhåll är sannolikt lägre i nya gasturbiner än i befintliga men med tiden kommer dessa kostnader att konvergera motvarandra. De övriga kostnaderna är troligen en god uppskattning av vad kostnaderna skulle bli även för nya gasturbiner.

Tabell 8: Fasta kostnader Svenska kraftnät GT 2012

Konto	Kostnad i kronor
Underhåll	17 918 529
Fast nätavgift	6 671 319
Effektavgift	3 549 000
Fastighetskostnader	1 253 724
Energikostnader	1 654 565
Administration, förvaltning och löner	1 525 245
Summa fasta kostnader:	32 572 382

Bränslekostnaden för de nyare turbinerna uppskattas i Störningsreservens framtida hantering (2013) till 900 kr/MWh vilket utgör den rörliga kostnaden. Utöver detta tillkommer även kostnader för utsläppsrätter, rörliga nätavgifter och rörliga kostnader för underhåll och drift etc. Med utgångspunkt i Svenska kraftnät GT:s faktureringsunderlag justerat för en lägre bränslekostnad så skulle den rörliga kostanden i gasturbinerna ligga mellan 1 800 – 2 600 kr/MWh. Svenska kraftnät GT har två typer av gasturbiner som har olika driftskostnader och därför anges den rörligakostnaden som ett intervall där de två typerna utgör gränsvärdena.

5.4 Nuvarande användning

Det finns ingen uttrycklig beskrivning av hur den snabba aktiva störningsreserven ska användas. De föreskrifter som finns går att läsa i det nordiska Systemdriftavtalet 5.1. Det som däremot finns är en redogörelse för hur reserven används i dag vilket kan fungera som en måttstock för utformningen av en ny snabb störningsreserv. De två primära användningsområdena är aktivering på grund av nätstörningar eller balansskäl. Sekundärt kan störningsreserven även användas för spänningsreglering, dödnätsstart och ö-drift (Svenska kraftnät, 2013 a).

5.4.1 Balansskäl

I enlighet med det nordiska systemdriftavtalet används den snabba aktiva störningsreserven vid balansstörningar för att återställa FCR-D och återupprätta normaldrift. En balansstörning som till exempel aktiverar hela eller delar av de frekvensstyrda reserverna medför en driftstörning på grund av att reservkraven inte uppfyller kraven för normaldrift. Den snabba störningsreserven har då som uppgift att gå in och återställa frekvensreserverna inom 15 minuter för att återupprätta normaldrift i systemet. (Svenska kraftnät, 2013 a)

5.4.2 Nätstörning

När den snabba aktiva störningsreserven aktiveras på grund av nätstörningar är det för att återställa driften till normaldrift. Normaldrift är som nämnts tidigare när all förbrukning tillgodoses samtidigt som spänning, frekvens och överföring befinner sig inom angivna intervall och reservkraven är uppfyllda. En nätstörning som medför begränsningar i överföringskapaciteten mellan två områden är ett exempel på så kallad flaskhalsproblematik. En sådan nätstörning kan till exempel inträffa då ett fel på en ledning i ett överföringssnitt sänker överföringskapaciteten mellan områdena (Svenska kraftnät, 2013 a). Vid ett sådant scenario kan störningsreserven gå in och stötta produktionen på den lågproducerade sidan om snittet för att återställa normaldrift.

5.4.3 Spänningsreglering

Vid behov, när alla spänningsreglering redan är använd, kan Svenska kraftnät aktivera den snabba aktiva störningsreserven för att producera reaktiv effekt och på så vis reglera spänningen i problemområden. (Svenska kraftnät, 2013 a)

5.4.4 Dödnätsstart

Generellt behöver alla kraftstationer tillgång till el för att starta. Under normala förhållanden tas denna el från transmissionssystemet men om ett elavbrott slagit ut delar av eller hela systemet behövs det enheter som kan användas för att starta upp systemet, så kallad dödnätsstart. Vid ett dödnätsscenario startas isolerade kraftstationer upp var för sig och kopplas successivt samman i ett synkront system (The National Grid Company plc, 2001). Gasturbinerna i den snabba aktiva störningsreserven har möjlighet att starta utan tillgång till elnätet vilket gör att de kan användas för uppbyggnad av elnätet vid ett större strömavbrott. I detta sammanhang är turbinernas snabbhet en avgörande tillgång. Många nätstationers kommunikation och styrning har en begränsad batteribackup på mellan 3 och 12 timmar. Om återuppbyggnaden av systemdriften nätet dröjer längre än detta förlorar man kontrollen över dessa nätstationer. (Karlström, 2013)

5.4.5 Ö-drift, frekvensreglering och underfrekvensstart

Allvarliga nätstörningar kan leda till att elsystemet bryts upp och bildar flera separata system, öar, som möjligen kan bli självförsörjande på el (Svenska kraftnät, 2000). Dagens snabba aktiva störningsreserv kan användas för att bidra till systemstabilitet i ett ö-driftområde genom automatisk frekvensreglering (Svenska kraftnät, 2013 a).

Flertalet av gasturbinerna är utrustade med underfrekvensstart och frekvensreglering. Det innebär att de vid en frekvensstörning automatiskt startar och reglerar upp produktionen så att frekvensen i nätet återgår till 50 Hz. Gasturbinernas möjlighet att medverka i frekvensreglering är en viktig egenskap för en eventuell ö-drift.

5.4.6 Aktiveringsstatistik 2012

Totalt aktiverades den snabba aktiva störningsreserven 17 gånger under år 2012 och gasturbinerna producerade totalt 2 580 MWh under dessa aktiveringar. Tillfällen och storleken på aktiveringarna framgår i diagram 1 och tabell 9. Eftersom tillgänglig data är redovisad per timme och inte momentant är det svårt att veta exakt hur länge turbinerna var aktiverade vid varje tillfälle och hur stor effekt som användes. Den genomsnittliga aktiveringstiden för turbinerna är dock bara 20 minuter. Den enskilt största aktiveringen under 2012 skedde i slutet av januari då tre gasturbiner aktiverades av balansskäl. Tillsammans producerade E.ON:s två turbiner i Halmstad och en av Svenska kraftnäts turbiner i Kimstad 396,1 MWh under tre timmar. Aggregaten har tillsammans en installerad effekt på 396 MW men inget av aggregaten har producerat på max under någon av de timmar de varit aktiverade. (Nyberg, 2014)

Anmärkningsvärt är att endast ett fåtal av de tillgängliga gasturbinerna aktiverades i reserven 2012, endast 7 av 22. I princip alla beordrade starter, det vill säga starter som inte skett till följd av underfrekvensstart, gjordes 2012 i E.ON:s gasturbiner i Halmstad. Aktiveringen av turbinerna i Halmstad bedöms ha skett därför att dessa är dels större, dels modernare än övriga turbiner. Eftersom aktiveringen av turbinerna görs manuellt från kontrollrummet är det lättast om endast en anläggning med tillräcklig effekt kontaktas och aktiveras. Dessutom har turbinerna i Halmstad hög tillgänglighet tack vare att de är nyare. Det har därför ansetts mest effektivt att aktivera turbinerna i Halmstad. (Nyberg, 2014)

Orsakerna till aktiveringarna har en viss spridning men den vanligaste aktiveringsorsaken är underfrekvensstart och balansskäl men aktiveringar görs även för att undvika överbelastning i snitten och av nätskäl. En genomgång av skälen till varför turbinerna startades syns i tabell 9 nedan. (Nyberg, 2014)

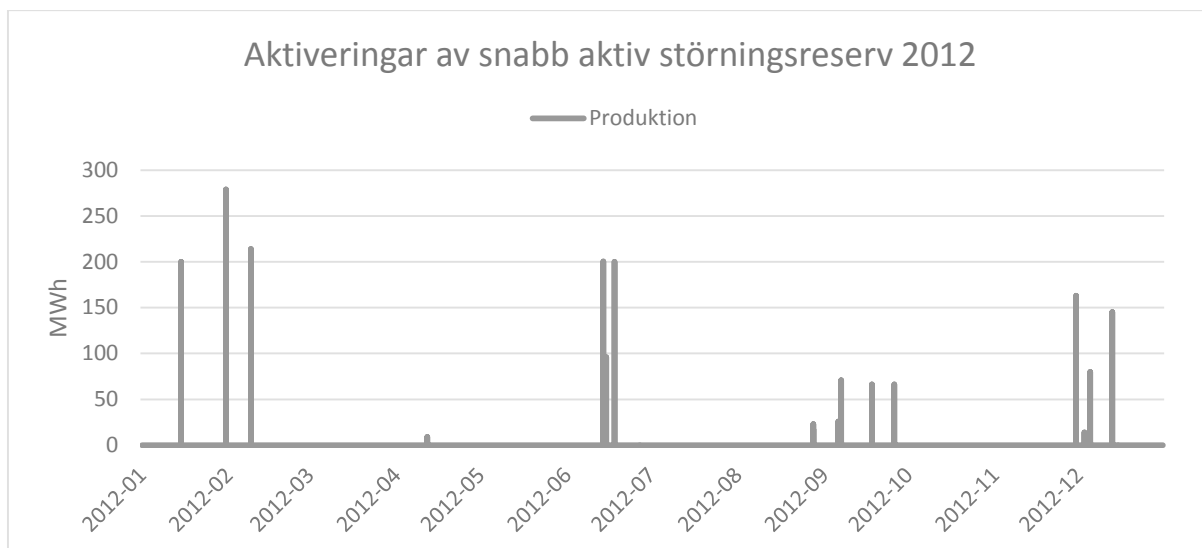


Diagram 1: Aktiveringar av snabb aktiv störningsreserv år 2012

Tabell 9: Aktiveringar av snabb aktivstörningsreserv 2012

Datum	Skäl	Timmar	Aggregat	Energi
2012-01-15	Snitt 2 och 4	1	Halmstad G11 och G12	200 MWh
2012-01-31	Balans	3	Halmstad G11 och G12 samt Kimstad B1	396 MWh
2012-02-09	Snitt 2	3	Halmstad G11 och G12	274 MWh
2012-04-12	Under frekvensstart	1	Lahall B1 och B2	9 MWh
2012-06-14	Balans	2	Halmstad G12 Stallbacka B1 och B2	250 MWh
2012-06-15	Nät	2	Halmstad G11 och G12	142 MWh
2012-06-18	Ringhals trippar och underfrekvensstart	2	Halmstad G11 och G12 samt Lahall GB1 och B2	379 MWh
2012-08-28	Underfrekvensstart	2	Lahall B1	30 MWh
2012-08-28	Underfrekvensstart	2	Lahall B2	35 MWh
2012-09-06	Underfrekvensstart	2	Lahall B1 och B2	44 MWh
2012-09-07	Underfrekvensstart	2	Lahall B1, B2, B3 och B4	129,6 MWh

2012-09-18	Underfrekvensstart	2	Lahall B1, B2 och B3	97 MWh
2012-09-26	Underfrekvensstart	2	Lahall B1, B3 och B4	82 MWh
2012-11-30	Balans	2	Halmstad G11 och G12	213 MWh
2012-12-03	Balans	2	Halmstad G11	19 MWh
2012-12-05	Balans	1	Halmstad G11 och G12	8 MWh
2012-12-13	Snitt 2	2	Halmstad G12	201 MWh

6 Kravspecifikation

För att underlätta en utvärdering av förbrukningsreduktion som ett alternativ till snabb aktiv störningsreserv har en kravmodell utvecklats. Kravmodellen är tänkt att tydliggöra både vilka tekniska och funktionella krav som är intressanta för den snabba aktiva störningsreserven. I detta kapitel görs en sådan modell med utgångspunkt i rapporten Störningsreservens långsiktiga hantering (2013) samt nuvarande driftavtal för gasturbinerna och intervjuer med balanstjänsten på Svenska kraftnät. För att generera en god kravmodell har inspiration hämtats från NASA Systems Engineering Handbook (2007).

6.1 Tekniska krav

6.1.1 Tillgänglighet

Tillgängligheten identifieras i Störningsreservens långsiktiga hantering (2013) som en ytterst viktig aspekt hos den snabba aktiva störningsreserven. Det är avgörande att de reserver som finns kontrakterade verkligen startar när de behövs annars går reservens funktion förlorad. En genomgång av den befintliga reserven visar att under perioden januari 2008 till augusti 2011 var den totala tillgängligheten 87 % det vill säga av de beordrade starterna var 87 % lyckade. Tillgängligheten fördelar sig olika mellan de olika ägarföretagen samt mellan de olika aggregaten. Det som är värt att nämna är att Fortums tillgänglighet under perioden endast var 43 % vilket var en grund för oro (Svenska kraftnät, 2011). Anledningen till genomgången av ovan redovisad statistik är att få en bild av vad en accepterad tillgänglighet kan vara. Ett mål är naturligtvis en tillgänglighet på 100 % (Bäck, 2013 & Westberg, 2013).

- Tillgängligheten för snabb aktiv störningsreserv ska vara 100 %

6.1.2 Effektmässig storlek

Den totala effektmässiga storleken på den snabba aktiva störningsreserven regleras idag av det nordiska systemdriftavtalet och lyder enligt följande: ”*Storleken på den snabba aktiva störningsreserven bestäms av det enskilda delsystemets värdering av det lokala behovet. Flaskhalsar i nätet, dimensionerande fel och liknande ingår i värderingen härav.*”

I de kommande europeiska nätkoderna finns det dock angivet i ”Load Requency Control and Reserves” att TSO:erna ska dimensionera snabb aktiv störningsreserv så att den motsvarar storleken på det största produktionsbortfallet. I dagsläget utgörs det största produktionsbortfallet i det nordiska systemet av Oskarshamn 3 som har en kapacitet på 1 450 MW. Inom en överskådlig framtid kommer dock det finska kärnkraftverket Olkiluoto att tas i drift med en installerad effekt på 1 600 MW. (Svenska kraftnät, 2013 a)

Att storleken på den snabba aktiva störningsreserven ska dimensioneras efter det lokala behovet med hänsyn till flaskhalsar och dimensionerande fel gör att problemet blir komplicerat. Det största produktionsbortfallet, det dimensionerande felet, utgörs som nämnts ovan av Oskarshamn 3 (O3) i det svenska nätet. Vid frånslag på O3 krävs en snabb aktiv störningsreserv på 1 450 MW för att återställa normaldrift i nätet. Problematiken ligger i överföringsbegränsningarna mellan elområdena och att O3:an ligger i elområde 3. När snitt 2 är fullbelastat vilket inte är ovanligt måste den snabba aktiva störningsreserven vara lokaliserad i elområde 3 och 4. Överföringsproblematiken

mellan dessa områden, snitt 4, är enbart i sydligriktning från elområde 3 till elområde 4. Det medför att det är dimensioneringen av snabb aktiv störningsreserv i elområde 4 som är avgörande för reservens delning mellan områdena 3 och 4. (Svenska kraftnät, 2013 a)

Ett värsta scenario utgörs av att snitt 4 är fullt belastat och ingen import av snabb aktiv störningsreserv är möjlig. Det största felet i elområde 4 är Baltic Cable eller SwePol Link båda 600 MW. Om något av dessa fel inträffar samtidigt som snitt 4 går fullt krävs en snabb aktiv störningsreserv på 600 MW i elområde 4 och således 850 MW i elområde 3. Den här dimensioneringen är gjord efter dagens begränsningar och tar inte hänsyn till framtida utbyggnader av nätet. I ett framtidsscenario kommer överföringskapaciteten i snitt 4 ökas genom färdigställandet av 400 kV ledningen mellan Ekhyddan – Nybro – Hemsjö detta beräknas dock tidigast vara i drift 2020. Det dimensionerande felet inom elområde 4 kommer också att påverkas av flera nätutvidgningar bland annat SydVästLänken (2*700 MW) som beräknas klara 2015 och kommer ersätta Baltic Cable som det dimensionerande felet. Värsta scenariot, beskrivet ovan, medför därför att 700 MW snabb aktiv störningsreserv måste placeras i elområde 4 och således 750 MW i elområde 3. (Svenska kraftnät, 2013 a & Westberg, 2013)

- Den effektmässiga storleken av snabb aktiv störningsreserv ska vara minst 1 450 MW
- Den effektmässiga storleken i elområde 3 ska från 2015 vara minst 750 MW
- Den effektmässiga storleken i elområde 4 ska från 2015 vara minst 700 MW

6.1.3 Budstorlek

Det minsta gasturbinaggregatet som ingår i den snabba aktiva störningsreserven är idag 37 MW. Om reserven istället skulle bestå av förbrukningsreduktion kan bud storleken dock komma att variera och det är därför intressant att klargöra den minsta accepterbara bud storleken. Enligt Bäck (2013) så kan buden i princip vara hur små som helst om avropen kan ske elektroniskt men med dagens förutsättningar är det rimligt att sätta en gräns för bud storlek liknande den för effektreserven, det vill säga 5 MW.

- Budstorleken ska vara minst 5 MW

6.1.4 Aktiveringstid

Aktiveringstiden hos den snabba aktiva störningsreserven regleras även den i det nordiska systemoperatörsavtalet vilket säger att reserven ska vara tillgänglig inom 15 minuter från avrop. Det nämns även följande: ”Om undantag görs från tidskravet eller att ovanstående definition av *dimensionerande fel* frångås måste samråd ske mellan berörda systemansvariga.”

- Aktiveringstiden för snabb aktiv störningsreserv ska vara högst 15 min

6.1.5 Uthållighet och vilotid

Uthålligheten hos den snabba aktiva störningsreserven finns inte angiven i systemdriftsavtalet. Dock finns det angiven i gasturbinavtalen där det i samtliga fall utom ett ska finnas 100 timmars bränslelager. Nedan redovisas utdrag från två av avtalen. Det första gäller för alla E.ON:s anläggningar medans det andra endast gäller för Fortums

anläggning i Värtan. Vilotiden mellan körningar finns inte heller reglerad men som framgår av utdragen nedan så kan det dröja ganska länge mellan bränsleleveranserna.

”E.ON ska tillse att vid Anläggningarna kontinuerligt hålla ett driftlager av bränsle för att klara full elproduktion under minst 100 timmar per Anläggning. Parterna har bedömt att normal återanskaffningstid för bränsle uppgår till 3-4 veckor.”

”FV skall tillse att vid Anläggningen löpande hålla ett driftlager av bränsle motsvarande cirka 24 timmar drift med full last. När Anläggningen körs ska FV omgående beställa leverans av nytt bränsle.”

Bäck (2013) menar att uthålligheten för den snabba aktiva störningsreserven måste vara flera timmar då det är den tid det tar att starta upp reserver som kan ersätta den snabba aktiva störningsreserven vid en långvarig driftstörning. Det är dock en komplex fråga då förbrukningsreduktionsbud kan kombineras till blockbud² var på uthålligheten per bud inte spelar så stor roll. För att hinna ersätta buden innan uthålligheten upphör måste dock uthålligheten vara minst lika lång som aktiveringstiden för nya bud, det vill säga 15 minuter. Vilotiden spelar i princip ingen roll så länge marknaden är tillräckligt likvid för att de förbrukade buden ska kunna ersätta med nya.

- Snabb aktiv störningsreserv ska ha en uthållighet på minst 15 minuter
- Snabb aktiv störningsreserv vilotid är en mindre viktig parameter

6.1.6 Lokalisering

Utdrag från SOA poängterar att reserverna ska vara placerade på ett sådant sätt att systemet kan föras tillbaka i normaldrift:

”Snabb aktiv störningsreserv ska finnas i den omfattning och vara lokaliserad så att systemet kan föras tillbaka till normal drift efter fel. ”

Som nämnts i avsnitt 6.1.2 så ska snabb aktiv störningsreserv vara lokaliserad i elområde 3 och 4.

- Den effektmässiga storleken i elområde 3 ska från 2015 vara minst 750 MW
- Den effektmässiga storleken i elområde 4 ska från 2015 vara minst 700 MW

6.1.7 Miljö

Svenska kraftnäts vision i miljöarbetet är att ha en ledande roll för en säker och hållbar elförsörjning. Genom att utveckla energieffektiva och miljöanpassade lösningar för överföring av el på stamnätet ska man bidra till att EU:s och Sveriges klimat och miljömål uppnås. Gasturbinerna i den snabba aktiva störningsreserven omnämns i visionen i samma mening där man säger att man ska verka för att miljöbelastningen ständigt minskar. Att miljöbelastningen ständigt ska minska preciseras som att utsläppen av växthusgaser och andra miljöskadliga ämnen ska begränsas (Svenska kraftnät, 2013 B). Gasturbinerna i den snabba aktiva störningsreserven var år 2012 den tredje största miljöpåverkande verksamheten (Svenska kraftnät, 2013 a).

² Blockbud är när flera bud med kort uthållighet kombineras i hop eftervarandra för att förlänga uthålligheten.

- En ny lösning för snabb aktiv störningsreserv ska högst släppa ut lika mycket som dagens utsläpp av växthusgaser och miljöskadliga ämnen

6.1.8 Beredskapsnytta

Med beredskapsnytta avses dödnätsstart, ö-drift och de övriga användningsområden som beskrivs i avsnitt 5.5. Dagens snabba aktiva störningsreserv erbjuder därmed flera viktiga tjänster till beredskapsnyttan men ingen av dessa regleras i systemdriftsavtalet och är därför inte hårda krav. Funktionerna är dock ytters viktiga för beredskapsnyttan och det är ett stort plus om de finns. (Bäck, 2013)

- Snabb aktiv störningsreserv bör ha frekvensreglering om så är fallet bör den även vara lokaliserad till städer för att bidra till beredskapsnyttan.
- Snabb aktiv störningsreserv bör ha underfrekvensstart
- Snabb aktiv störningsreserv bör vara utrustad med dödnätsstart

6.1.9 Realtidsmätning

När ett bud aktiveras på reglermarknaden är det viktigt att veta att aktörerna faktiskt sänker eller ökar sin förbrukning. Därför är det ett i ett framtidsperspektiv ett krav att förbrukare är utrustade med realtidsmätare som momentant mäter förbrukningen i en last. (Bäck, 2013)

- Förbrukare som deltar i den snabba aktiva störningsreserven ska vara utrustade med realtidsmätning.

7 Kartläggning av förbrukningsreduktion

För att klargöra om förbrukningsreduktion kan fungera som en snabb aktiv störningsreserv har en kartläggning av förbrukare gjorts. Det är denna kartläggning som redovisas i detta kapitel. Inledningsvis görs en inventering av den installerade effekten av industriella laster och avkopplingsbara laster i hela Sverige. Sedan följer en närmare kartläggning av de laster som är lokaliserade i elområde 3 och 4.

7.1 Installerad effekt

Den installerade effekten av industriella och avkopplingsbara laster har samlats in i enlighet med metoden i avsnitt 4.4.1. En grafisk illustration av resultatet redovisas nedan i diagram 2. Diagrammet visar hur stor den installerade effekten av respektive last är per elområde och även den totala effekten per last typ. Det första som sticker ut i resultatet är fördelningen mellan industriella och avkopplingsbara laster. Av den totala potentialen på 4 578 MW utgörs hela 3 587 MW av industriella laster det vill säga ca 80 % av totalen. Det medför att endast ca 20 % av potentialen består av avkopplingsbara laster med en samlad effekt på strax under 1 000 MW. Fördelningen mellan elområdena är ojämn. Elområde 3 har den i särklass största etableringen av både industriella laster och avkopplingsbara laster och utgör ensamt 56 % respektive 92 % av totalen. Anledningen till att så stor del av den installerade effekten är lokaliserad till elområde 3 är att den största delen av Sveriges befolkning är bosatta och verksamma inom detta område.

Elområde 1 och 2 utgör tillsammans en betydande del av den övriga installerade effekten medan elområde 4 nästan är helt oetablerat av industriella och avkopplingsbara laster. Mindre än 5 % av lasterna finns lokaliserade i elområde 4. Fördelningen mellan elområdena indikerar redan nu att det kommer bli omöjligt att klara kravet på effektmässig storlek i elområde 4.

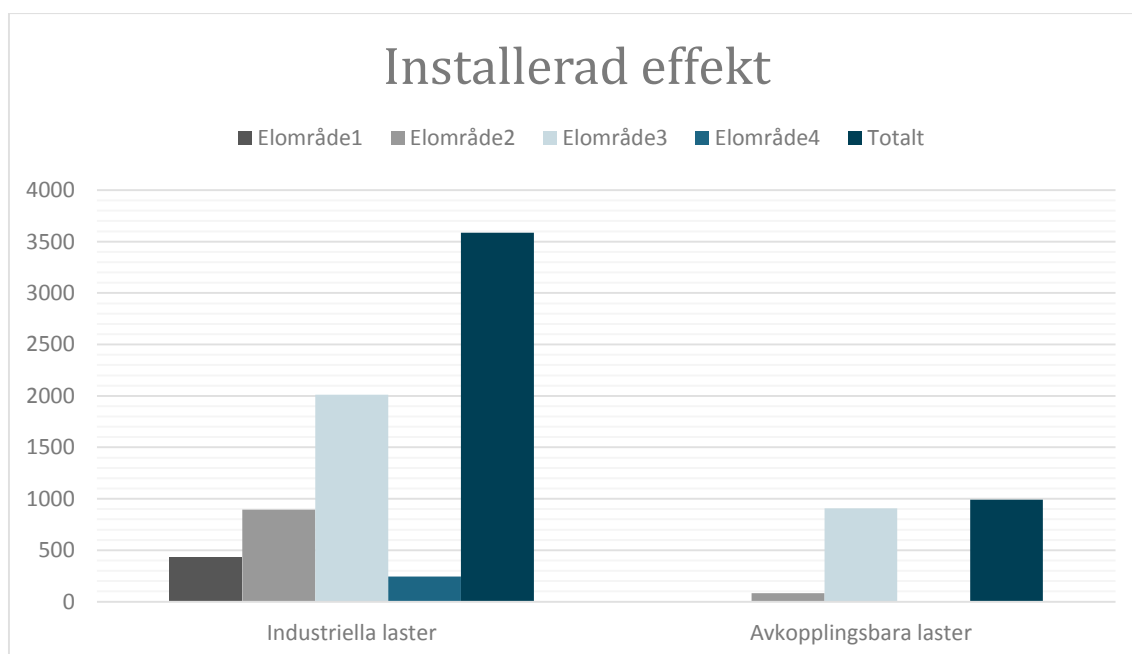


Diagram 2: Förbrukning per elområdena uppdelat i avkopplingsbara- och industriella laster.

Inrapporteringen av industriella laster och avkopplingsbara laster gjordes via Svenska kraftnäts standard Excelblad. I Excelbladet har de balansansvariga möjlighet att lämna

ytterligare uppgifter om förbrukningsanläggningarnas reglerbarhet, tillgänglighet, aktiveringstid och uthållighet. Reglerbarheten, det vill säga om anläggningen är styrbar genom fjärrkontroll eller bemanning, redovisas i diagram 3 nedan. Svarsalternativen på frågan om en last är reglerbar är egentligen bara ja eller nej men ytterligare ett antal svar som ”delvis”, ”som det behövs” och ”nja” har förekommit i undersökningen. Dessa svar har tolkats som att det finns möjlighet att kontrollera lasten vilket är ett antagande. Som synes nedan kan mer än hälften, 2 087 MW, av de industriella lasterna kontrolleras redan idag och den största delen, 844 MW, av de avkopplingsbara lasterna. Den totala installerade effekten som är reglerbar ligger alltså på strax under 3 000 MW. Det ska dock påpekas att en last som idag inte är reglerbar fortfarande kan tillhöra den tekniska potentialen, skillnaden är bara att det fordras en investering för att lasterna ska kunna styras. De laster som är reglerbara kan därför anses ha en lägre inträdesbarriär för att delta i ett program för förbrukningsreduktion. Det ska också nämnas att bara för att det finns möjlighet att styra förbrukningen innebär inte detta att förbrukare kan eller vill delta på en förbrukningsreduktionsmarknad. Det kan finnas ekonomiska eller tekniska skäl som hindrar deltagande i förbrukningsreduktion. Det finns därför en stor osäkerhet i detta resultat och reglerbarheten kommer därför undersökas ytterligare i nästa kapitel.

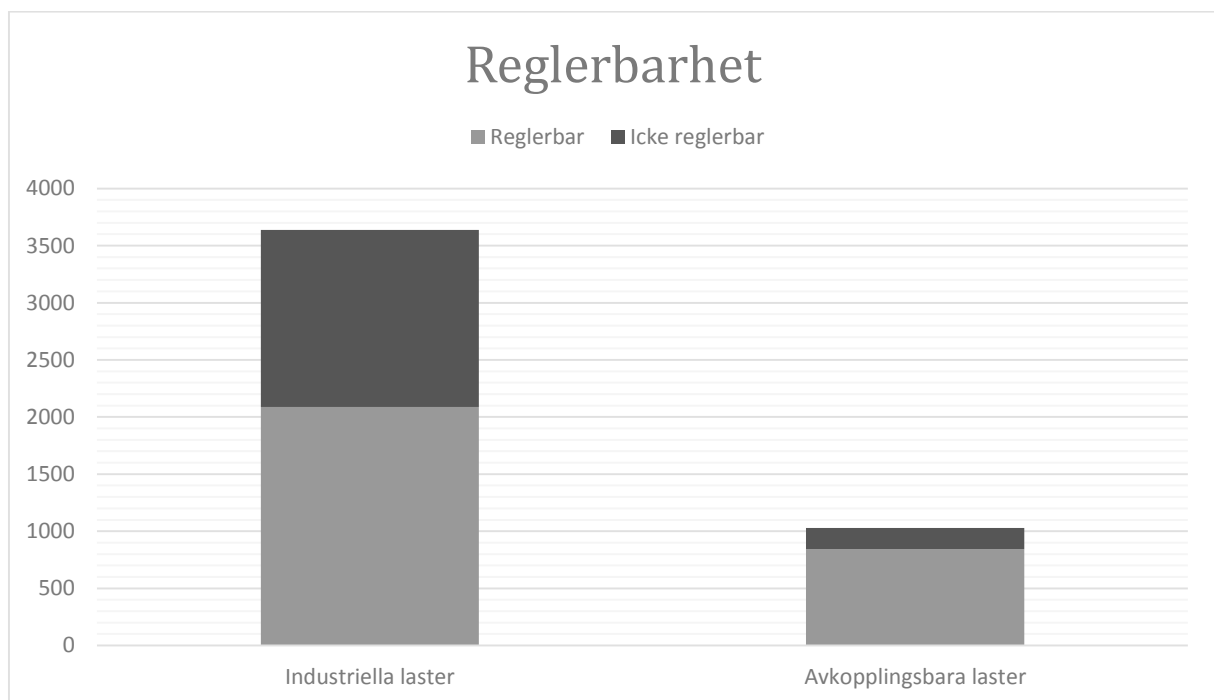


Diagram 3: Industriella och avkopplingsbara laster uppdelat i reglerbarhet och icke reglerbarhet.

Förutom de redan redovisade resultaten av undersökningen har de balansansvariga besvarat frågor om tillgänglighet, aktiveringstid och uthållighet hos de industriella lasterna och de avkopplingsbara lasterna. Tyvärr var svarsfrekvensen på dessa frågor för dålig för att dra några generella slutsatser. Därför följer nu en närmare studie av både industri och avkopplingsbara laster i elområde 3 och 4.

7.2 Avkopplingsbara laster

Den installerade effekten av avkopplingsbara laster är enligt ovan redovisat resultat 990 MW. Av den installerade effekten är hela 844 MW reglerbar och har därför möjlighet att delta i den snabba aktiva störningsreserven som förbrukningsreduktion. För att ett

deltagande ska vara möjligt krävs det dock att lasterna har en förbrukning som kan reduceras. En genomgång av förbrukningen år 2012 hos de avkopplingsbara lasterna per elområde redovisas i diagram 4 nedan. Den visar att förbrukningen ligger långt ifrån den installerade effekten. Förbrukningen varierar kraftigt och som mest ligger den på 311 MW och som minst på 37 MW. Det är långt ifrån 990 MW som återfinns som installerad effekt. Utnyttjandegraden pendlar därmed på nivåer mellan 3,6 % och 30 % av den installerade effekten. Medelförbrukningen över året är 123 MW vilket medför ett snitt på utnyttjandegraden på 12 %.

Precis som den installerade effekten antydde dominerar elområde 3 även förbrukningen bland de avkopplingsbara lasterna. Under året pendlar förbrukningen mellan ett minimum på 29 MW och ett maximum på 231 MW. Utnyttjandegraden i elområde 3 är därmed ännu sämre än den för hela Sverige och ligger på nivåer mellan 3 % och 24 % med ett snitt på 10 % av den installerade effekten.

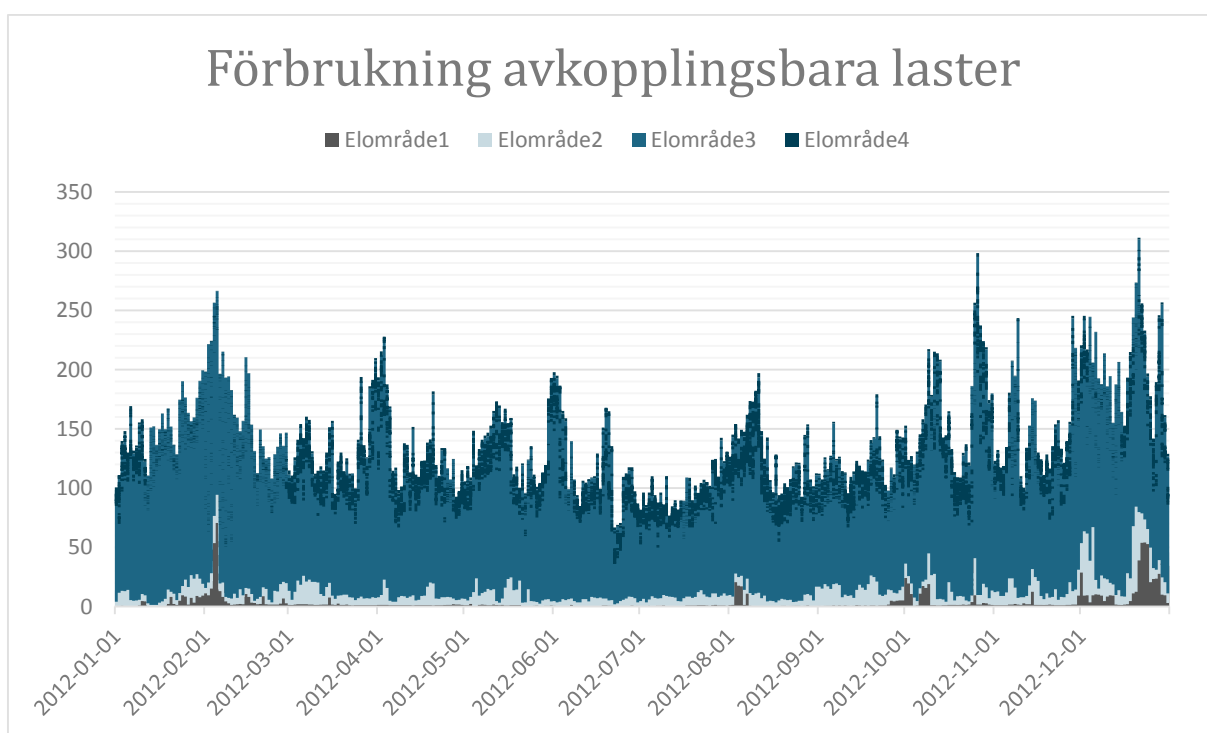


Diagram 4: Tillgänglighet avkopplingsbara laster per elområde för 2012

Krav om automatisk frångopplingen av elpanne- och värmepumpsanläggningar finns beskriven i Svenska kraftnäts föreskrifter 2012:1. Enligt föreskrifterna ska dessa laster beläggas i elområde 3 och 4 vara utrustade med automatisk förbrukningsfrångoppling. Det innebär att hela elförbrukningen i anläggningen vid underfrekvens i nätet ska frångopplas. Utrustningen ska vara inställd så att frångopplingen sker i fyra steg beroende på den installerade effekten. Frångopplingen ska ske enligt tabell 10 nedan. (Svenska kraftnät, 2013 E)

Tabell 10: Aktivering av avkopplingsbar last (Svenska kraftnät, 2013 E)

Installerad effekt	Aktiveringsfrekvens
>35 MW	49,4 Hz i 0,15 sekunder
>25 MW	49,3 Hz i 0,15 sekunder
>15 MW	49,2 Hz i 0,15 sekunder
>5MW	49,1 Hz i 0,15 sekunder

Av tabell 10 framgår att alla avkopplingsbara laster ska vara fränkopplade vid en frekvens under 49,1 Hz. Konstruktionen av den automatiska fränkopplingen ska vara så att utebliven funktion ska föredras före oönskad fränkoppling. Därtill ska utrustningen kunna aktiveras genom fjärrstyrning även vid ett elavbrott i en nätstation. Tekniskt finns det alltså möjlighet för både fjärrstyraktivering och underfrekvensstart. Fränkopplingstiden är 0,15 sekunder inklusive mätartid och brytartid vilket väl uppfyller kraven för den snabba aktiva störningsreserven. Återkoppling till nätet får ske först efter Svenska kraftnäts medgivande vilket i princip innebär oändlig uthållighet för förbrukningsreduktion. Den automatiska fränkopplingen och fjärrstyrningen medför att bud under 5 MW kan accepteras då de kan aggregeras och fjärrstyras (Svenska kraftnät, 2013 E). Undersökningen som genomfördes bland de balansansvariga visar dock att majoriteten av lasterna saknar realtidsmätning vilket på sikt kommer vara ett krav för att delta som snabba aktiva störningsreserven.

Funktionsmässigt uppfyller de avkopplingsbara lasterna de krav som finns för att delta i den snabba aktiva störningsreserven. Det som saknas är realtidsmätning vilket måste installeras för att på sikt medverka i den snabba aktiva störningsreserven. Förbrukningen i elområde 3 och 4 kan därför i sin helhet räknas som teknisk potential till förbrukningsreduktion i en snabb aktiv störningsreserv.

Eftersom det redan idag finns avtal med förbrukarna om fränkoppling av den avkopplingsbara lasten kommer ett sådant avtal att användas för att uppskatta kostnaden av dessa produkter. Då Fortum är det företag som har flest avkopplingsbara laster kommer deras avtal och priser användas för att uppskatta vad det skulle kosta att knytta denna resurs till den snabba aktiva störningsreserven.

En genomgång av Fortums nätpriser för avbrytbar överföring (avkopplingsbar last) visar att förbrukarna på högspänningsanslutningar tillskillnad från förbrukare med normalt avtal helt slipper årseffektavgiften på 233 kr/kW/år. Utöver det slipper de även att betala högbelastningseffektavgiften på 50 kr/kW/månad under perioden november till mars. I gengäld får de 0,2 öre/kWh högre överföringsavgift samt att de själva måste bekosta styr- och kommunikationsutrustning för sin elanläggning. Om man bortser från att förbrukarna måste betala styrutrustningen (en engångskostnad) så tjänade de år 2012 437 kr/MWh på att ha ett avbrytbart överföringsabonnemang. Således kommer den totala kostnaden för att aktivera förbrukningsreduktion i avkopplingsbara laster att uppskattas till 437 kr/MWh (Fortum, 2013).

De avkopplingsbara lasterna är, som tidigare nämnts, redan avtalsbundna till nätföretagen och enligt ellagen får ett företag som bedriver nätverksamhet inte bedriva handel med el (Notisum, 2014). Därför har inte nätbolagen möjlighet att handla med den aggregerade förbrukningsreduktionen som de avkopplingsbara lasterna utgör. Däremot så skulle förbrukarna själva kunna erbjuda sin förbrukning till ett förbrukningsreduktionsprogram eller låta en aggregerare utföra den tjänsten. I de fall förbrukningen understiger 5 MW så skulle en aggregerare vara nödvändig för att uppfylla det hårda kravet på budstorlek. Genom att använda sig av aggregatorer finns det därför förutsättningar att realisera hela den tekniska potentialen. Den tekniska och ekonomiska potentialen kommer därför summeras tillsammans med potentialen från industrin i avsnitt 7.4.

7.3 Industrilaster

Av de industriella lasterna som identifierats genom Svenska kraftnäts register är 19 stycken lokaliserade i elområde 3 och 4. En genomgång av lasterna visar att de kommer från 3 olika industri typer; massa- och pappersindustrin, kemikalieindustrin och stålindustrin. Eftersom tidigare forskning visat att möjligheten för förbrukningsreduktion är liknande inom samma bransch kommer varje bransch att redovisas var för sig i de kommande avsnitten.

7.3.1 Massa- och pappersindustrin

Av de 19 lasterna som identifierats i elområde 3 och 4 tillhör 12 stycken massa- och pappersindustrin och är fördelade mellan 3 industrikoncerner; Holmen, Stora Enso och Billerud Korsnäs. De har en samlad installerad effekt som uppgår till 1 670 MW och utgör därmed en väsentlig del av den installerade effekten i dessa elområden. Lasterna redovisas per koncern nedan i tabell 11 nedan.

Massa- och pappersindustrin är en del av skogsindustrin som från ved tillverkar pappersmassa och från pappersmassa tillverkar papper. Produktionen av papper kan ske antingen i integrerade bruk det vill säga ett bruk som både tillverkar pappersmassa och sedan papper eller vid ointegrerade bruk där produkterna produceras var för sig. Av tabell 11 framgår att alla de anläggningar (industrilaster) som ingår i denna studie är av den integrerade typen. Beroende på vilken produkt som tillverkas används olika processer. Antingen används en mekanisk eller en kemisk massaprocess vid massatillverkningen. Processerna skiljer sig åt på flera sätt vilket gör att förutsättningarna för förbrukningsreduktion också skiljer sig åt. Därför kommer potentialen för förbrukningsreduktion att behandlas särskilt från och med nu. Utöver det verkar förutsättningarna och branschen vara homogen vad avser möjligheter för och typer av förbrukningsreduktion.

Tabell 11: Förbrukningsanläggningar pappers- och massaindustrin

Företag	Fabrikstyp	Elområde	Installerad effekt
Holmen AB, Hallstavik	Integrerad mekanisk massa	SE3	230 MW
Holmen AB, Braviken	Integrerad mekanisk massa	SE3	230 MW

Billerudkorsnäs AB, Gruvön	Integrerad sulfatmassa	SE3	95 MW
Billerudkorsnäs AB, Frövifors	Integrerad sulfatmassa	SE3	55 MW
Billerudkorsnäs AB, Gävle	Integrerad sulfatmassa	SE3	170 MW
Billerudkorsnäs AB, Skärblacka	Integrerad sulfatmassa	SE3	50 MW
Stora Enso AB, Hyltebruk	Integrerad mekanisk massa	SE4	190 MW
Stora Enso AB, Kvarnsveden	Integrerad mekanisk massa	SE3	360 MW
Stora Enso AB, Nymölla	Integrerad sulfatmassa	SE4	55 MW
Stora Enso Pulp AB, Fors	Integrerad mekanisk massa	SE3	65 MW
Stora Enso Pulp AB, Skutskär	Integrerad sulfatmassa	SE3	50 MW
Stora Enso AB, Skoghall	Integrerad mekanisk massa	SE3	120 MW
		Totalt:	1670 MW

Enligt tabell 11 producerar 6 av bruken papper och kartong genom mekanisk massatillverkning och 6 stycken genom kemisk tillverkning. De mekaniska bruken är de absolut mest energiintensiva och har därför den största tekniska potentialen att bidra till förbrukningsreduktion. Den samlade installerade effekten ligger på 1 195 MW vilket motsvarar cirka 72 % av den installerade effekt som undersöks i pappersindustrin och 51 % av den installerade effekten som undersöks i industrin i den här studien. Av de bruk som undersökts ligger 4 av Stora Ensos bruk redan med i effektreserven men alla 7 är aktiva på Elspot med prisberoende bud. (Heldemar, 2013-11-06 & Andersson, 2013-11-11)

De 6 kemiska bruken som undersökts har således en installerad effekt motsvarande 28 % eller 475 MW och utgör därför inte en lika stor potential. Endast ett av dessa bruk är med i effektreserven och tre av dem köper el genom prisberoende bud. De återstående två bruken köper el via ett avtal där de köper elen till spotpriset men inte betalar för balanskraften. Alla bruken är alltså exponerade mot spotpriset på olika sätt. (Schönström, 2013-12-16 & Heldemar, 2013-11-06)

På grund av att produktionsprocessen är mycket elintensiv i pappers- och massaproduktion står processen för nära 100 % av den totala elanvändningen i bruken. Det gör att neddragningar i kringssystem som uppvärmning, ventilation eller likande blir ointressanta att studera i sammanhanget. (Andersson, 2013-11-11 & Heldemar, 2013-11-06)

Bruken som undersökts specialiserar sig på olika papperskvaliteter. Karaktären på anläggningarnas processer, produktionsflöden och effektstorlek varierar och kan inte helt generaliseras. I stort ser dock produktionsprocessen likartad ut för den här industribranschen och därför kommer de olika förädlingsprocesserna att användas för att uppskatta vilken tekniskpotential det finns för förbrukningsreduktion. (Andersson, 2013-11-11 & Heldemar, 2013-11-06 & Schönström, 2013-11-06)

I grova drag kan de elintensiva delarna av tillverkningsprocessen av papper med mekanisk massa delas upp i 3 steg: Avbarkning och grovhuggning av stockar, raffinörer i pappersmassatillverkningen och pappers- och kartongmaskiner. Tillsammans utgör de närmare 97 % av den totala förbrukningen (Andersson, 2013-11-11 & Heldemar, 2013-11-06). Tillverkningen i de kemiska bruken skiljer sig åt på flera sätt men de elintensiva delarna skiljer sig endast på en punkt för massatillverkningen. Istället för raffinörer används en kokerilinjé. Dessa tre delar utgör tillsammans cirka 93 % av den totala förbrukningen (Schönström, 2013-12-16). Nedan följer en genomgång av dessa elintensiva delprocesser. Målet med genomgången är att avgöra vilka delprocesser som kan bidra till förbrukningsreduktion och räknas in i den tekniska potentialen.

7.3.1.1 Avbarkning och flisning

Avbarkningen och flisningen står för en relativt lite del, endast cirka 2 %, av den totala elkonsumtionen. Hur mycket som flisen och avbarkaren körs beror på hur väl utrustad man är och om man har överkapacitet eller inte. Om det finns överkapacitet finns det möjlighet att köra flisen för fullt under vissa tider för att bygga upp ett lager med flis. Om ett sådant lager byggs upp frigör det maskinen som då kan stoppas vid behov. Genom lagerhållning öppnas alltså upp en möjlighet för förbrukningsreduktion som inte kommer att påverka resten av anläggningen. Dessa lager kan i princip göras så stora som det behövs men ju större lager desto högre ersättning erfordras (Andersson, 2013-11-11 & Schönström, 2013-11-06). Om det finns ett lager påverkas inte produktionen av en nedstängning och därför klassa denna förbrukning till den tekniska potentialen.

Om man inte har en överkapacitet i huggeriet är det ändå vanligt att man köper in flis för att ha en buffert ifall flisen och avbarkaren slutar fungera. Därför finns det i princip alltid en möjlighet att bjuda ut dessa komponenter som förbrukningsreduktion eftersom det inte finns någon begränsning. Dessa flisar och avbarkare utgör en liten teknisk potential för snabb (inom 15 min) och relativt långvarig laststyrning. Varje maskin har en liten motor som består av någon enstaka MW som kan användas för förbrukningsreduktion (Schönström, 2013-11-06).

Kostnaden för den här typen av förbrukningsreduktion behöver inte vara så hög då produktionen inte påverkas av neddragningar om den inte blir väldigt långvarig. Det är dock svårt att uppskatta vad kostnaden kommer att bli då den inte associeras med en utgiftsökning på grund av bortfall i produktionen och den inte förekommer i dagens prisberoendebud. Uppskattningsvis skulle priset för att aktivera en sådan här resurs ligga på omkring 1000 kr/MWh. (Schönström, 2013-12-16)

Neddragningarna kan ske momentant men måste ändå utföras av personal och lämpar sig därför inte för frekvensreglering eller automatisk nedstängning (Schönström, 2013-11-06).

7.3.1.2 Raffinörer (Endast mekaniska bruk)

Raffinörerna är stora roterande maskiner som frilägger fibrer från massaveden för att producera pappersmassa. Raffinörerna förekommer endast i de mekaniska bruken. Efter raffinörerna lagras pappersmassan i så kallade massatorn. Det görs dels för att massan ska ha ett självfall när de ska in i pappersmaskinerna, dels för att det ska finnas ett lager ifall massaproduktionen och raffinörerna avstannar. Lagret kan användas för att möjliggöra förbrukningsreduktion i raffinörerna utan att påverka produktionen och därför räknas denna förbrukning till den tekniska potentialen.

Varje raffinör har en effekt på ungefär 15 MW och vid behov kan de alltså stoppas och startas utan att det påverkar den övriga produktionen i pappersbruket. Antalet raffinörer per bruk varierar men de största bruken har uppemot 15 stycken och ligger på ca 75 % utnyttjande av den installerade effekten (Andersson, 2013-11-11). Raffinörerna står för ca 75 % av den totala elkonsumtionen och är därför högtintressanta för förbrukningsreduktion. Stopp kan inte ske momentant då detta skulle kunna skada maskinerna men det är inga problem att inom 15 minuter stänga ner önskat antal raffinörer, förutsatt att det finns en buffert med pappersmassa. I de bruk som undersökts i den här studien så klarar ett fullt massalager normalt ett stopp på 2-3 timmar utan att resten av anläggningen påverkas (Andersson, 2013-11-11 & Heldemar, 2013-11-06).

Eftersom raffinörerna slits ganska hårt har man en överkapacitet då det normalt alltid är några av dem som är under reparation. Därför finns det i vanligtvis möjlighet att efter en eventuell neddragning producera till såväl produktion som lager. Vid tomt lager och full produktion kan det ta upp till 7-8 timmar att återställa lagret (Andersson, 2013-11-11).

Från industrins sida är tillgången till raffinörerna avgörande då det är de som producerar pappersmassan som i de senare stegen blir papper. De körs därför kontinuerligt 365 dagar per år. Det undantag som finns är dagar och timmar då det är höga elpriser. Eftersom alla mekaniska bruk i den här studien använder sig av prisberoende bud är de direkt påverkade av spotpriset på el. Det gör att de vid höga elpriser använder den flexibilitet som finns i produktionen för att dra ner förbrukningen. Normalt inträffar sådana neddragningar väldigt sällan och i liten skala men om spotpriset på el blir tillräckligt högt så skulle alla bruken i princip dra ner större delen av förbrukningen i raffinörerna. Raffinörerna används även som resurs, i vissa av bruken, för att handla på elbas och utnyttja tillfällen med lågt elpris för att producera extra massa. Av de 4 bruk som är med i effektreserven använder samtliga nästan uteslutande raffinörernas kapacitet i sina bud (Heldemar, 2013-11-06).

Kostnaden för industrin att stänga ner raffinörerna korta stunder behöver inte vara så hög eftersom det i princip inte påverkar produktionen. Problem kan dock uppstå eftersom nedstängningar sker med kort varsel och bufferten i massatornen ständigt varierar. Därför måste kostnaden för att med kort varsel stänga ner raffinörerna tas med hänsyn till att det kan påverka resten av produktion (Heldemar, 2013-11-06). Kostnaden är därför en uppskattning av risken för att bufferten inte räcker och produktionen påverkas. En uppskattning av kostnaderna för nedstängning av raffinörerna är svår att göra eftersom det i alla fall av förbrukningsreduktion måste finnas både ersättning för risker att förlora produktion men även en fast avgift för att skapa beredskap att alltid reagera (Heldemar, 2013-12-16). Kostnaden beror även på marknadsläget och vilken produkt som produceras då olika produkter har olika energiprofil (Andersson, 2013-12-16). Förändringar i eluttaget kan dock förväntas börja vid 1 000 kr/MWh eftersom det är vid det elpriset som koncernerna börjar dra ner sin elkonsumtion (Andersson, 2013-12-16 & Heldemar, 2013-

12-16). Det första som kan tänkas påverkas av en förändring av uttagsmönstret är givetvis flexibel förbrukning likande den i raffinörerna. För att aktivera hela potentialen krävs dock ett ännu högre elpris närmare 2 000 kr/MWh för Holmen givet att det finns pappersmassa i massatornen. För att aktivera hela potentialen hos Stora Enso krävs elpriser på upp till 7 500 kr/MWh på grund av att de till viss del har en annorlunda produktion än Holmen. Ju närmre drifttimmen man lägger bud på förbrukningsreduktion desto mindre är dock osäkerheten och därmed priset. Om buden ska läggas långt i förväg måste man ta hänsyn till att massatornet inte är fullt och kostnaden reflekterar den risken. (Heldemar, 2013-11-06).

Bortkopplingen av en eller flera raffinörer måste göras manuellt av en processingenjör med hänsyn till driftläget i hela fabriken. Bland annat för att raffinörerna har olika kvalitetsmässiga egenskaper och eftersom pappersmassan tillverkas efter ett recept och sammansättningen alltid måste hålla en viss kvalitet. Bortkopplingen måste alltså alltid göras med hänsyn till helheten och därför är det inte aktuellt med varken automatisk frånkoppling eller frekvensreglering i denna process (Heldemar, 2013-11-06).

Eftersom produktionen av papper inte påverkas av kortare neddragningar i raffinörerna utgör de en stor teknisk potential för förbrukningsreduktion.

7.3.1.3 Kokerilinjens (endast kemiska bruk)

På de kemiska bruken används en sulfatbaserad kokningsprocess istället för raffinörer för att frigöra fibrer till papperstillverkningen. I detta steg blandas träflis med vitlut och hettas upp till cirka 150-160 grader för att frigöra fibrer. Den här processen är helt olämplig för laststyrning på kort sikt eftersom effektmässiga störningar påverkar den kemiska processen och därmed massakvaliteten. Den skulle dock gå att stänga ner inom loppet av ca 2 timmar om det var helt nödvändigt men det är något som industrin helst vill slippa. Av den totala elförbrukningen utgör det här steget ca 40 %. (Schönström, 2013-11-06) Eftersom industrin anser att neddragningar i den här processen är olämplig räknas den inte in i den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion.

7.3.1.4 Pappers- och kartongmaskiner

I pappers- och kartongmaskinerna bearbetas pappersmassan till färdiga produkter i form av tidningspapper och kartong. De elintensiva delarna av processen utgörs dels av värmning för att torka pappersmassan, dels av elektriska motorer för att driva maskinerna. Pappers- och kartong maskinerna utgör ca 20 % av den totala elförbrukningen i mekaniska bruk och ca 50 % av förbrukningen i kemiska bruk men det skiljer något mellan bruken beroende på typ av produkt och produktionslina. Maskinerna är den del i tillverkningsprocessen som är känsligast för start och stopp på grund av att de vid ett eventuellt avbrott måste trimmas in och det kan ta från en timme till något dygn innan man når de uppsatta kvalitetskraven. Det medför att kostnaden för nedregleringar som påverkar pappers- och kartongmaskinerna skulle vara mycket höga då det kan påverka produktionen en relativt lång tid (Schönström, 2013-11-06). Neddragningar av maskinerna görs ibland till följd av höga elpriser vilket är möjligt med en dags framförhållning då det finns tid att anpassa produktionen. Neddragningar går dock att genomföra inom 15 minuter men det skulle vara mycket dyrt (Andersson, 2013-11-11 & Heldemar, 2013-11-06). En av koncernerna uppskattar kostnaden för förlorad produktion i ett kemiskt bruk till 150 000 kr/timme på en maskin som i snitt drar 20 MW. Det medför att kostnaden bara för att täcka produktionsbortfallet ligger på 7 500 kr/MWh och dessutom måste det finnas incitament för att delta plus att stoppet som uppstår kan pågå betydligt längre än en timme (Schönström, 2013-11-06). I de mekaniska bruken är

täckningsbidraget³ betydligt lägre vilket gör att kostnaden för produktionsbortfall är mycket mindre runt ca 2 000 kr/MWh.

I princip skulle det gå att producera ett lager av papper och kartong för att sedan göra tillfälliga neddragningar men det faktum att uppstarten är så pass känslig kvarstår fortfarande. Producenterna vill alltid köra maskinerna i så långa intervall som möjligt. Dessutom så är det kanske inte ekonomiskt försvarbart att köra upp stora lager av papper bara för att kunna delta i en reserv på elkraftsmarknaden även om den är en god sidointäkt (Andersson, 2013-11-11). Eftersom förbrukningsreduktion i pappers- och kartongmaskinerna definitivt påverkar produktionen samt att neddragningar, även tillfälliga, har stor påverkan på framtida produktion utesluts dessa resurser från den tekniska potentialen.

7.3.1.5 Tillgänglighet

Tillgängligheten för förbrukningsreduktion i pappers- och massaindustrin är jämt fördelad över året eftersom produktionen inte har några säsongsvariationer. I stort sett sker produktionen dygnet runt året om. Planerade och oplanerade stopp förekommer dock med jämna mellanrum. De planerade stoppen genomförs som del i underhålls- och rutinarbete och är kända och inplanerade med lång framförhållning. Längden och frekvensen av dessa stopp varierar mellan koncernerna, fabrikerna och tillfällena. De sker med 12-18 månaders mellanrum och pågår normalt mellan 7-10 dagar. Under denna tid stängs all utrustning ned i fabriken vilket gör att elförbrukningen sjunker till noll och förbrukningsreduktion är då inte möjlig. På grund av att dessa ingrepp är stora och extremt personalkrävande så sker de i regel endast på en anläggning åt gången (Andersson, 2013-11-11 & Heldemar, 2013-11-06 & Schönström, 2013-11-06). Det förekommer även kortare stopp i delar av bruken för att ta hand om periodiskt underhåll. Dessa stopp påverkar endast delar av produktionen och drar inte ner hela förbrukningen. Till exempel så kan stopp som dessa genomföras varannan vecka under några timmar på en papperslinje men det skiljer sig åt mellan koncernerna och bruken (Andersson, 2013-11-11).

Produktionen och elkonsumtionen och därmed tillgängligheten för förbrukningsreduktion varierar även beroende av andra faktorer än driftstopp. De två väsentligaste parametrarna som påverkar tillgängligheten är elpriset och orderingången för koncernens produkter.

Alla bruken som undersökts är exponerade mot den nordiska elmarknaden och priset på Elspot (Andersson, 2013-11-11 & Heldemar, 2013-11-06 & Schönström, 2013-11-06). På grund av att elen är en av de största utgiftsposterna för elintensiva industrier är de också känsliga för variationer i elpriset. Priskänsligheten är så stor att Holmen skulle stänger ner hela fabriken vid elpriser på 2 000 kr/MWh och all den flexibla förbrukningen (teknisk potential) är garanterat borta då (Heldemar, 2013-11-06). Det händer dock väldigt sällan att förbrukningen påverkas av elpriset i någon större utsträckning. Det är just vid extrema pristopp som det är intressant för industrin att stänga ner förbrukning för att undvika att producera produkter med förlust. Om priset blir högt på Elspot kan industrin i de flesta fallen ändå köpa tillbaka elen på Elbas och går för fullt ändå. (Andersson, 2013-11-11 & Heldemar, 2013-11-06 & Schönström, 2013-11-06)

Pappers- och massaindustrin kan prognostisera sin förbrukning och tillgänglighet relativt väl upp till en vecka i förväg men på grund av känsligheten för elpriset och oplanerade driftstopp är det svårt att säga mer än en dag i förväg hur förbrukningen faktiskt kommer

³ Intäkter – rörligakostnader = täckningsbidrag

se ut. Det är därför olämpligt att upphandla förbrukningsreduktion med långtidskontrakt eftersom man då måste gardera sina bud både storleksmässigt och prismässigt. Längre kontrakt innebär alltså mindre volym och högre pris. (Heldemar, 2013-11-06)

Nedan följer en genomgång av Stora Ensos, Holmens och Billerud Korsnäs förbrukning år 2012 uppdelad per elförbrukande aktivitet. Förbrukningen per delprocess har uppskattats genom att ta den genomsnittliga förbrukningen, det vill säga 75 % för raffinörerna, 2 % för huggeri och avbarkning osv. gånger den totala elkonsumtionen per timme. Uppdelningen av förbrukning i separata processtegen är tänkt att tydliggöra hur stor den tekniska potentialen är vid en given tidpunkt under året. Det som syns i diagram 5-8 och som poängteras i texten ovan är hur stor teknisk potential det finns i de mekaniska bruken jämfört med de kemiska bruken. Skutskär, som är det stora kemiska bruket inom Stora Enso koncernen, drivs till stor del av egenproducerad vindkraft vilket gör att förbrukningen från nätet som redovisad i diagram 7 är betydligt lägre än den verkliga förbrukningen. Samtliga diagram nedan visar en ganska hackig förbrukning vilket är en följd av planerade och oplanerade stopp i produktionen som beskrivs ovan.

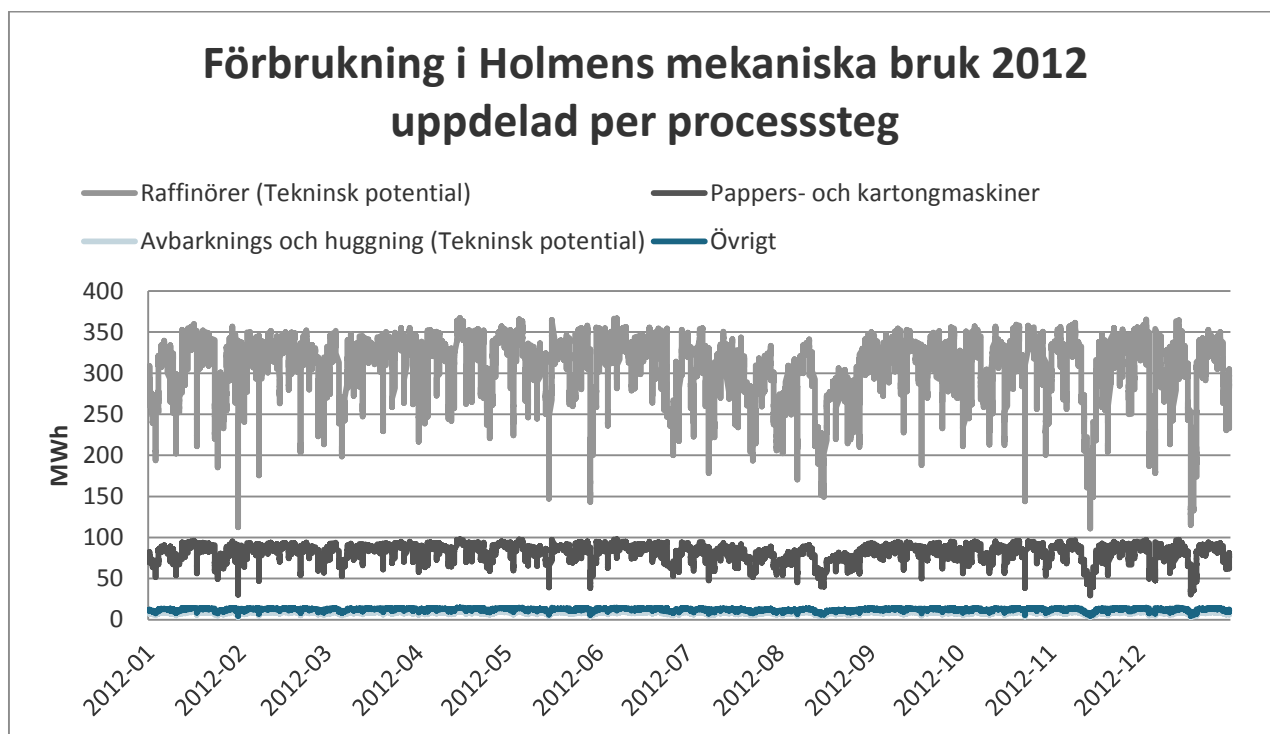


Diagram 5: Elförbrukning i Holmens mekaniska bruk uppdelad i el förbrukande delprocesser.

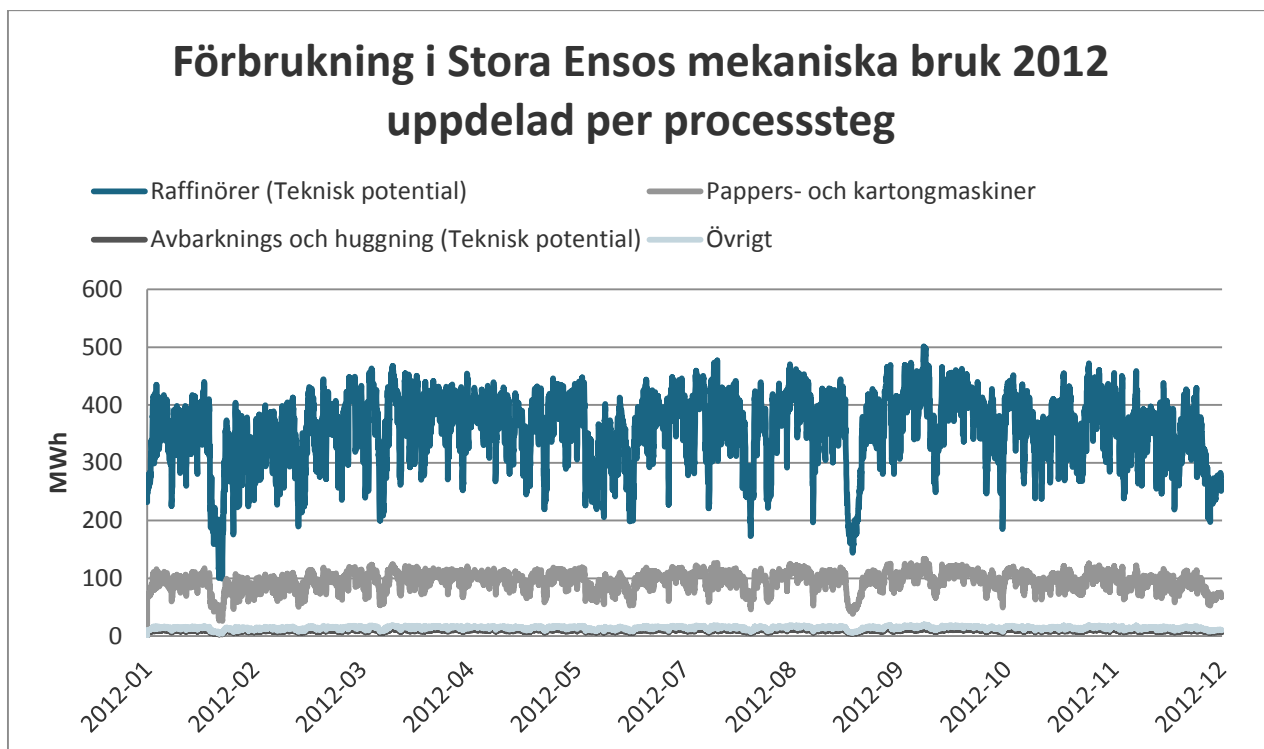


Diagram 6: Elförbrukning i Stora Ensos mekaniska bruk uppdelad i el förbrukande delprocesser.

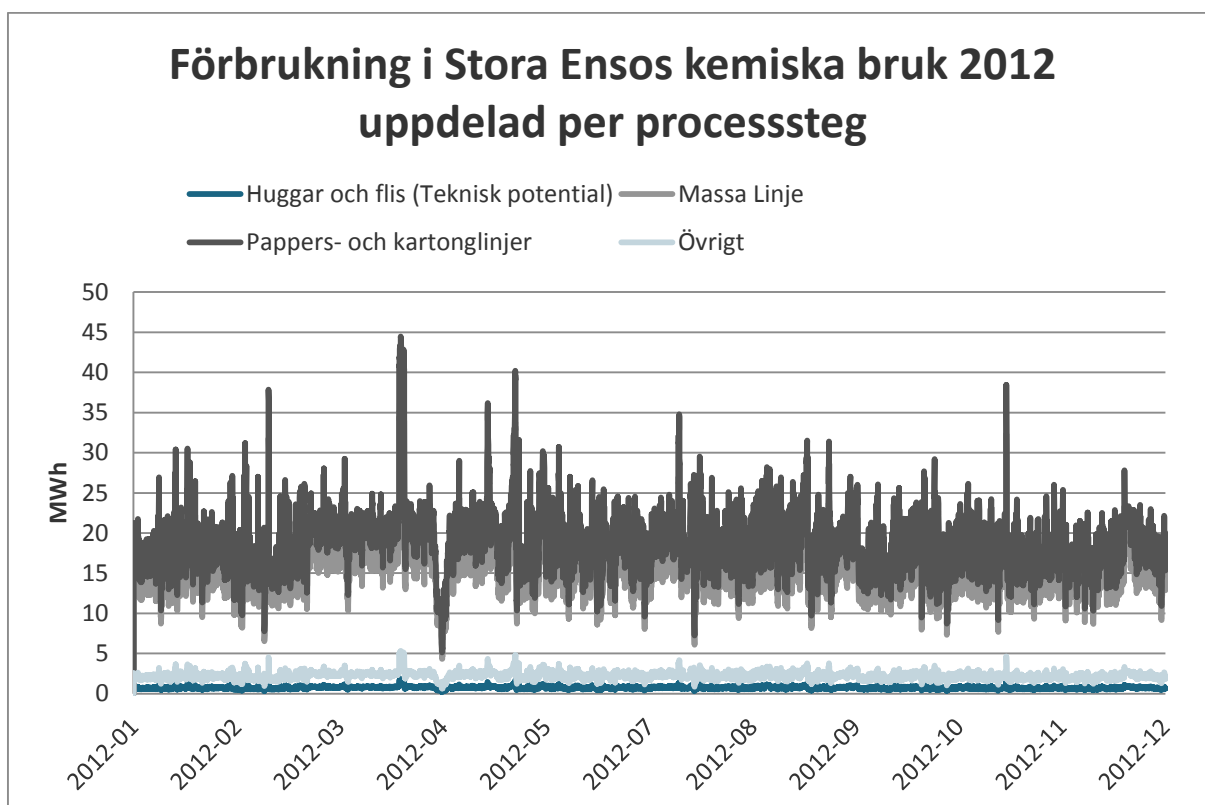


Diagram 7: Elförbrukning i Stora Ensos kemiska bruk uppdelad i el förbrukande delprocesser.

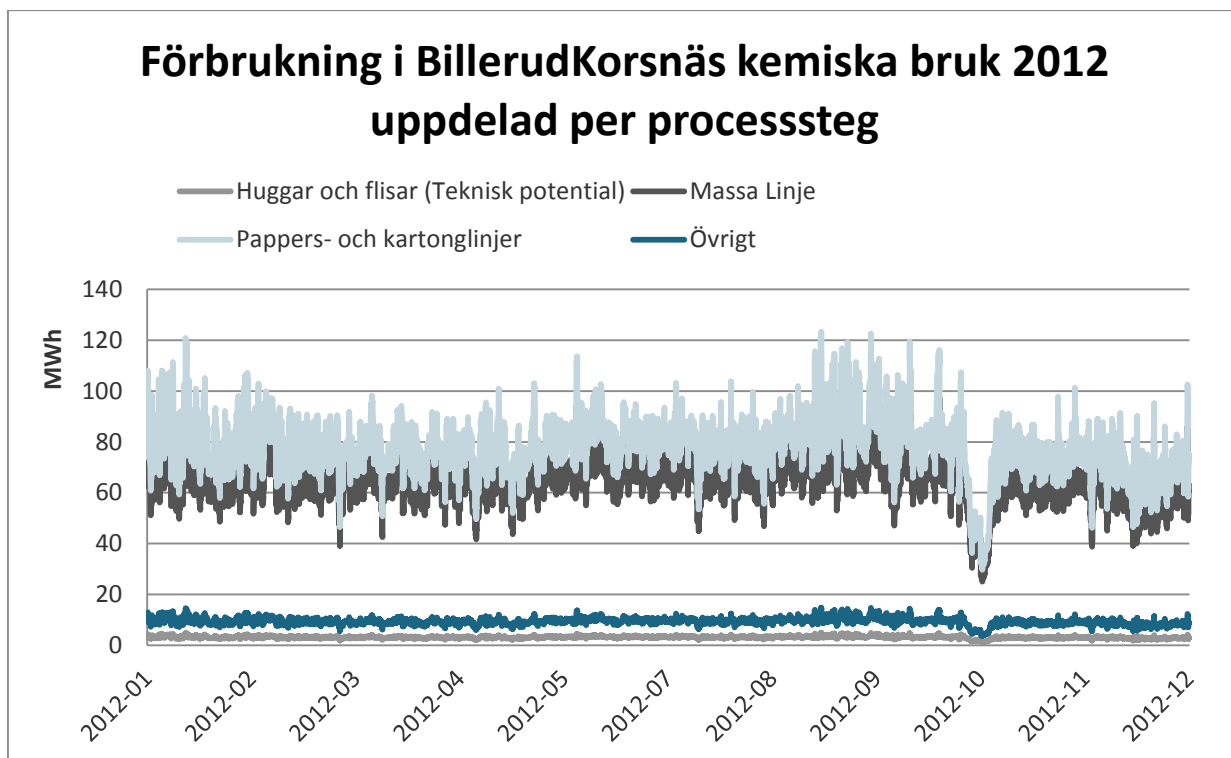


Diagram 8: Elförbrukning i Billerud Korsnäs kemiska bruk uppdelad i el förbrukande delprocesser.

7.3.1.6 Samlad bedömning av den tekniska och ekonomiska potentialen inom pappersindustrin

I Diagram 9 nedan visas den totala tekniska potentialen för förbrukningsreduktion i pappersindustrin. Potentialen varierar med förbrukningen och är som högst nästan 900 MW och som lägst 380 MW med ett medelvärde på 712 MW. Av denna tekniska potential ligger redan 240 MW med i effektreserven via Stora Ensos bud vilket också indikeras i diagrammet. Samtliga aktörer som kan bidra till den tekniska potentialen använder sig av prisberoende bud på Elspot.

Variationerna är som nämnts tidigare en följd av planerade och oplanerade avbrott i produktionen och anpassningar till yttre faktorer som konjunktur och elpris. Variationerna skulle även kunna bero på aktiveringar av effektreserven men under 2012 skedde inga aktiveringar av reduktionsbuden i effektreserven. För att tydliggöra tillgängligheten för förbrukningsreduktion i pappersindustrin har även ett varaktighetsdiagram tagits fram och redovisas i diagram 10 nedan. Diagram 10 visar att 554 MW förbrukningsreduktion fanns tillgängligt som förbrukningsreduktion 95 % av tiden år 2012. I stort sett hela den tekniska potentialen kommer från raffinörerna i Holmen och Stora Ensos pappersbruk och endast en försvinnande liten del kommer från flisar och avbarkare i samtliga bruk.

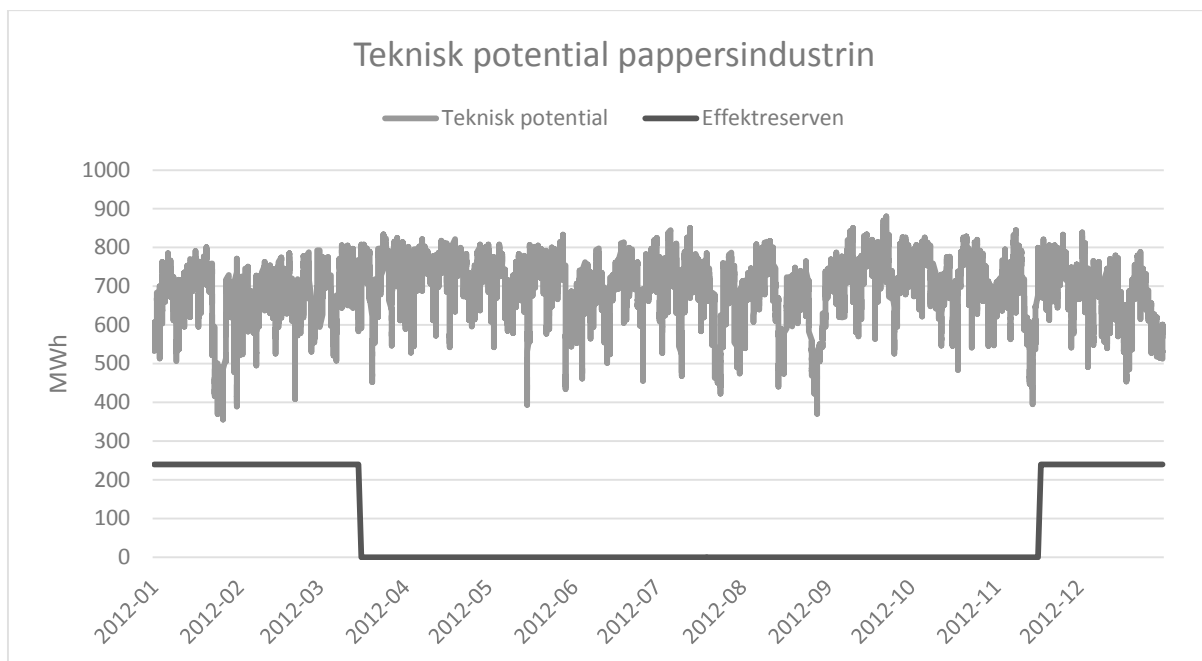


Diagram 9: Teknisk potential för förbrukningsreduktion i pappersindustrin år 2012 samt uppbunden potential i effektreserven.

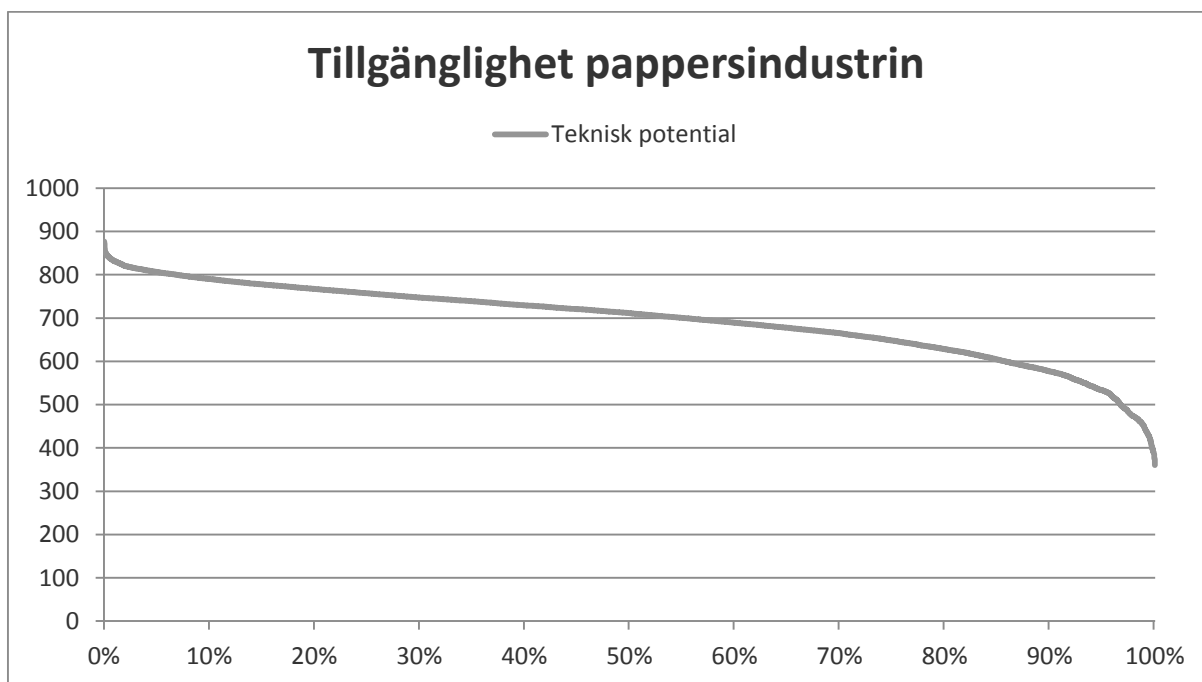


Diagram 10: Tillgänglighet för förbrukningsreduktion redovisat i ett varaktighetsdiagram för år 2012

Hela den tekniska potentialen inom pappers- och massaindustrin möjliggörs på grund av lagerhållning och överkapacitet. Därmed påverkar inte förbrukningsreduktionen produktionen så länge aktiveringstiden understiger uthålligheten i massalagren. Eftersom produktionen inte påverkas av neddragningar påverkas heller inte tillgängligheten negativt vid full beläggning. Däremot påverkas den negativt om beläggningen är så låg att elkonsumtionen minskas. Den yttre faktor som påverkar tillgängligheten för förbrukningsreduktion mest på kort sikt är elpriset och den tekniska potentialen kan väntas minska vid elpriser över 1 000 kr/MWh.

Eftersom aktivering av den tekniska potentialen inte påverkar produktionen har den rörliga kostanden för att aktivera förbrukningsreduktionen uppskattats till priset på företagets prisberoendebud på Elspot. Den flexibla förbrukningen i Holmens mekaniska bruk börjar vid 1 000 kr/MWh men är inte fullt aktiverad förrän vid 2 000 kr/MWh. Den rörliga kostnaden för att aktivera Stora Ensos flexibla förbrukning börjar också vid 1 000 kr/MWh och är fullt aktiverad vid 7 500 kr/MWh. Anledningen till den stora prisskillnaden är det faktum att bruken producerar olika produkter med olika teknik. Aktiveringen av flisar och avbarkare i de kemiska bruken ligger också på runt 1 000 kr/MWh men det är en uppskattning då dessa resurser inte förekommer i dagens prisberoendebud. Hela den tekniska potentialen är således aktiverad vid en rörlig kostnad på 7 500 kr/MWh.

Hela den tekniska potentialen uppfyller 15 minuters-kravet för deltagande i den snabba aktiva störningsreserven. Uthålligheten för förbrukningsreduktionen i raffinörerna ligger på 2-3 timmar beroende på fabrik och fyllnadsgrad i massalagret. Vilotiden mellan aktiveringar är 7-8 timmar om bruken går för fullt. Den tekniska potentialen i pappers- och massaindustrins begränsas av budstorleken. Billerud Korsnäs bidrar endast till den tekniska potentialen med avbarkare och flisar och denna resurs använder nästan alltid mindre än 5 MW och koncernen kan därför inte bidra till den snabba aktiva störningsreserven på grund av att buden är för små. Samma begränsning hade gällt för Holmen och Stora Enso också men deras bud från flisar och avbarkare går att kombinera med övriga bud och på så vis blir de kombinerade buden större än 5 MW.

Sammanfattningsvis bidrar pappers- och massaindustrin med en stor och relativt konstant källa till förbrukningsreduktion som uppfyller kraven för att delta i den snabba aktiva störningsreserven. Samtliga bruk i den tekniska potentialen är utrustade med realtidsmätning men kan inte erbjuda automatisk fränkoppling eller frekvensstyrning. Förutom Hyltebruk och Nymöllabruk som ligger i Elområde 4 ligger samtliga anläggningar i elområde 3.

7.3.2 Stålintustrin

Av de 19 undersökta lasterna i den här studien tillhör 4 stålintustrin fördelade på tre koncerner Ovako Bar AB, Outokumpu AB och Vargön Alloys AB. Den sammanlagda installerade effekten hos dessa laster är 310 MW av den totalt undersökta effekten på 2 247 MW. Totalt utgör stålintustrin därmed 14 % av de laster som undersökts i den här studien. Av de tre koncerner som undersöks använder sig två Ovako Bar och Vargön Alloys av prisberonde bud medan Outokumpu använder fastprisabonnemang. Endast Vargön Alloys är med i effektreserven med 50 MW.

Tillverkningen av stål sker på två sätt, antingen är den malmbaserad eller skrotbaserad. Malmbaserad tillverkning innebär att man utvinnet stålet direkt från källan, malmen. Medan skrotbaserad tillverkning innebär att man smälter plåtskrot för att skapa nya produkter (Axelsson, 2013-11-07). Som framgår av tabell 12 är tre av de undersökta industrilasterna av den senare och en av den tidigare typen. En väsentlig skillnad mellan dessa verk är att den skrotbaserade produktionen är batchbaserad, vilket innebär att man gör en smältning i taget för att sedan på nytt ladda ugnen och starta en ny smältning. Elanvändningen i dessa verk är därför starkt varierande. Tiden mellan batcher kallas ”tapp till tapp” och är helt avgörande för tillgängligheten till förbrukningsreduktion. Den malmbaserade produktionen sker däremot i en kontinuerlig process där smältugnen

tappas och fylls på allt eftersom. Det gör att tillgängligheten för förbrukningsreduktion är en helt annan i denna produktionsprocess (Axelsson, 2013-11-07).

Tillverkningen och möjligheten till förbrukningsreduktion skiljer sig åt mellan koncernerna på grund av att de producerar olika produkter och de har därför olika teknisk potential i produktionsprocessen. I grova drag kan dock produktionsprocessen delas in i tre elintensiva produktionssteg; Smältning av metall i ljusbågsugn, mekaniskbearbetning i valsverk eller krossar och värmebehandling/kylning av materialet (Axelsson, 2013-11-07). Av dessa processer är ljusbågsugnen den i särklass mest elintensiva och utgör mellan 65 och 95 % av den totala elförbrukningen i de olika verken. I ljusbågsugnen hettas metall upp till 1 650 °C och smälts genom kortslutning vilket är mycket effektkrävande. Nästa elintensiva produktionssteg är valsverken där metallen under uppvärmning (ofta med hjälp av gasol eller likande) bearbetas mekaniskt för att få önskad form och egenskap. Den mekaniska bearbetningen utgör upp till 10 % av den totala elkonsumtionen. Slutligen förekommer värmebehandling som ett steg i produktionsprocessen för att ge metallen önskvärda egenskaper. Den här delen utgör mellan 0-5 % av den totala elförbrukningen eftersom den i vissa bruk genomförs genom olje- eller gasoleldning. (Bengtsson, 2013-12-10 & Lund, 2013-12-12 & Nordmark, 2013-11-13 & Nylander, 2013-12-10)

Trots likartade elintensiva processer är det svårt att dra några generella slutsatser för hela branschen och därför kommer varje koncern att behandlas separat nedan.

Tabell 12: Undersökta anläggningar i stålindustrin

Företag	Produkt	Elområde	Installerad effekt
Ovako bar AB, Smedjebacken	Stång av olegerat och legerat stål från skrot	SE3	80 MW
Ovako bar AB, Hofors	Stång av olegerat och legerat stål från skrot	SE3	70 MW
Outokumpu AB, Avesta	Plåt och band av rostfritt stål från skrot	SE3	105 MW
Vargön Alloys AB	Höghärdad ferrokrom framställt från malm	SE3	55MW

7.3.2.1 Ovako Bar AB

Grovt sätt kan Ovako Bars produktion delas in i tre elintensiva processteg enligt ovan; Ljusbågsugn, valsning och värmebehandling. Dessa tre steg står tillsammans för ca 80 % av den totala elförbrukningen. De övriga 20 % utgörs förutom av kringssystem även av en mängd små förbrukningssteg och kommer därför inte definieras närmare. Produktionsprocessen i Ovako Bars två anläggningar Smedjebacken och Hofors är snarlika och anses därför ha samma förutsättningar för förbrukningsreduktion (Lund, 2013-12-12).

Smältningen av metallskrot i ljusbågsugnarna sker i två steg och är, som nämnts tidigare, batchbaserade. I första steget tillsätts 50 ton skrot som smälts genom att kortslutning skapas mellan tre kraftiga elektroder och metallskrotet. Denna process pågår i mellan 20 och 30 minuter med en effekt av upp till 65 MW innan ytterligare 50 ton skrot adderas och alltihop värms upp till 1 650 °C ytterligare ca 20 minuter. Därefter tappas den flytande metallen i en skänkugn där det under värmning av en mindre elektrod (15 MW) tillsätts legeringar och en finjustering sker. Det heta stålet sträng gjuts till ämnen så kallade slabs (Stycken) innan de senare, under uppvärmning, går vidare till valsningen. Smedjebacken och Hofors ska i princip kunna köra tapp till tapp på 1 timme men i verkligheten så tar processen i ljusbågsugnen ungefär 80 minuter varav 45 minuter är ”power on”. Anledningen till att processen tar så långtid är att starta är att man passar på att göra underhåll och mindre reparationer mellan körningarna. (Lund, 2013-12-12)

Eftersom ljusbågsugnen har en väldigt hackig förbrukningsprofil kan den momentant utgöra nästan hela förbrukningen i stålverket för att nästa stund vara helt avstängd. Över en längre period står dock ljusbågsugnarna i dessa verk för cirka 65 % av elförbrukningen fördelat 50 % och 15 % mellan smältugnen och skänkugnen. (Lund, 2013-12-12)

På grund av risken för skador på utrustningen och på materialet vill man undvika avbrott i smältprocessen vilket gör att aktiveringstiden för förbrukningsreduktion i ljusbågsugnen i praktiken är minst 45 minuter. Ovako Bar vågar heller inte lova att en neddragning kan genomföras ens på 45 minuter utan menar att man först kan garantera neddragningar inom 2 timmar i smältprocessen och 1,5 timmar i skänkugnen. Egentligen handlar det inte om neddragningar utan att man låter bli att starta nästa batch. (Lund, 2013-12-12)

Efter stränggjutningen genomförs den mekaniska bearbetningen av metallen i så kallade valsverk där slabsen kavlas ut för att bli användbart stål. I denna process används elmotorer som skulle kunna stoppas för att bidra till förbrukningsreduktion. Förbrukningsmässigt står den här delen av produktionen för ca 10 % av den totala förbrukningen men den installerad effekt är bara på cirka 3 MW per verk. Valsningsprocessen är dock känslig och maskinen måste tömmas innan effektuttaget kan reduceras och förbrukningsreduktion kan därför inte erbjudas snabbare än 1,5 timme. (Lund, 2013-12-12) Som ljusbågsugnen är valsningsprocessen batchbaserad och erbjuder egentligen ingen förbrukningsreduktion utan en fördröjd start.

För att stålet ska få dess slutgiltiga egenskaper värms och kyls det av under kontrollerade former. Under denna process som står för ungefär 5 % av den totala förbrukningen härdas och anlöps stålet. Processen är väldigt känslig för neddragningar i effektuttaget då slutprodukten riskerar att skadas och därmed bli osäljbar. Därför gäller här samma resonemang som i de övriga processerna. Neddragningar måste ske på ett kontrollerat sätt och maskinen måste först tömmas innan det är aktuellt med förbrukningsreduktion. Även här är den uppskattade aktiveringstiden 1,5 timmar. (Lund, 2013-12-12)

Den batchbaserade produktionen och processens känslighet gör att förbrukningsreduktion i något processteg i princip betyder att hela bruket måste stängas ner på grund av att det inte finns möjlighet till mellanlager eller buffertar mellan de olika processtegen. Det gör att dessa bruk inte kan uppfylla 15 minuters kravet för förbrukningsreduktion i snabb aktiv störningsreserv då den snabbaste neddragningen kan göras först inom 1,5 timmar, för att sedan stänga ner hela bruket efter ytterligare en halvtimme (Lund, 2013-12-12). Efter ett produktionsstopp går det dock fort att återuppta produktionen och därför anses delprocesserna i Ovako Bars stålbruk utgöra en långsam del av den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion som stålindustrin kan erbjuda. Trots det är det svårt att se hur

den här typen av snabbt varierande förbrukning skulle värderas i ett förbrukningsreduktionsprogram där man lämnar bud per timme.

Hur länge stålverken kan vara fränkopplade beror på konjunkturläget och vilken överkapacitet som finns. I dagsläget finns det cirka 10 % överkapacitet vilket betyder att uthålligheten för förbrukningsreduktion är 3-4 dygn per månad beroende på lagerstatus.

Kostnaden för att göra neddragningar ställs i det här fallet mot värdet av den produktion som går förlorad till följd av neddragningen. Denna kostnad är även helt beroende av konjunkturläge och huruvida det är möjligt att köra ikapp den förlorade produktionen. I dagsläget värderas produktionen till 1 500 kr/MWh men i högkonjunktur när stålverken går dygnet runt, alla dagar i veckan har den historiskt värderats så högt som 6 000 kr/MWh. (Lund, 2013-12-12)

Tillgängligheten för förbrukningsreduktion är svårbedömd för stålverk med batchbaserad produktion på grund av den varierande förbrukningen. Diagram 11 och 12 nedan visar den prognostiserade konsumtionen för Hofors och Smedjebacken år 2012. Prognoserna ser inte speciellt varierande ut men för att få en idé av hur elkonsumtionen kan se ut i ett batchbaserat stålverk hänvisas till diagram 15 i nästa avsnitt.

Det finns en tydlig periodicitet i prognoserna nedan eftersom Smedjebacken kört i treskift vilket innebär att de har stängt på helgerna medan Hofors har planlagda stopp varannan vecka för underhållsarbete. Båda bruken har dessutom alltid ett inplanerat driftstopp på mellan 2 och 4 veckor under sommaren. År 2012 gick båda bruken därtill utan storhelgsdrift vilket innebär att förbrukningen låg nere över jul och nyår. Under dessa stopp finns ingen möjlighet till förbrukningsreduktion vilket kraftigt påverkar tillgängligheten. Driften av stålverken är, som nämnts tidigare, konjunkturberoende och under högkonjunktur körs de mer frekvent än under år 2012. Utrymmet för förbrukningsreduktion är dock minder under högkonjunktur även om tillgängligheten är större eftersom det finns sämre möjlighet att köra ikapp den förlorade produktionen som förbrukningsreduktion innebär. (Lund, 2013-12-12)

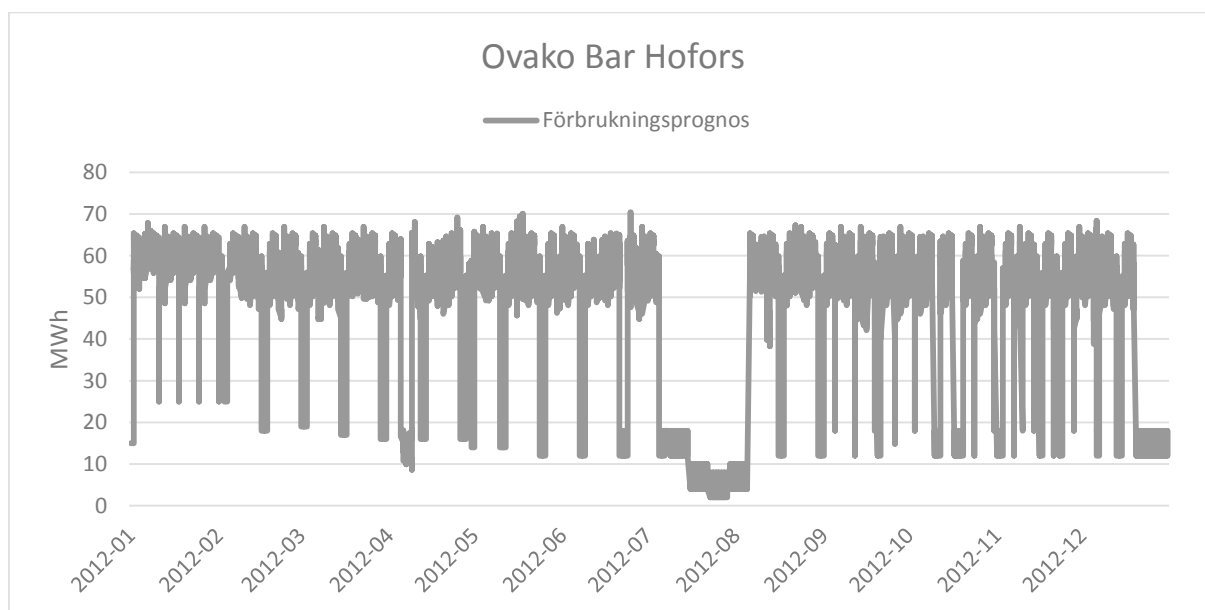


Diagram 11: Förbrukningsprognos Ovako Bar Hofors

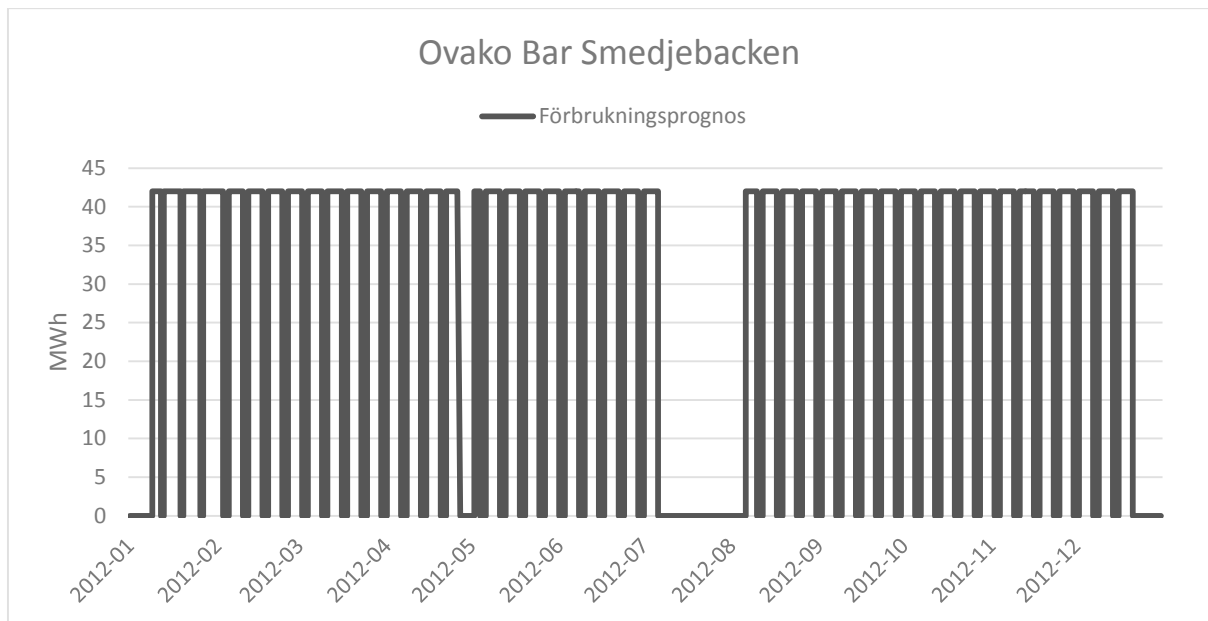


Diagram 12: Förbrukningsprognos Ovako Bar Smedjebacken

Den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion är svårbedömd men verkens prognoser kan fungera som indikatorer. Prognoserna stämmer enligt Lund (2013) dåligt överens med verkligheten men de ger en bild över den genomsnittliga förbrukningen samt när det är planerade driftstopp. Tillgängligheten för förbrukningsreduktion har därför uppskattats med hjälp av prognoserna enligt följande metod. Det har antagits vara driftstopp när prognosen följer det mönster som beskrivs i föregående stycke. Då har den tekniska potentialen antagits vara obefintlig. Utöver det så har prognosen antagits vara den bästa möjliga estimatet av den genomsnittliga förbrukningen per timme och använts för att beräkna den tekniska potentialen per delprocess. I diagram 13 och 14 nedan redovisas resultatet av beräkningarna. Observera att ingen del av den tekniska potentialen uppfyller 15 minuters kravet och passar därför inte som snabb aktiv störningsreserv. Ljusbågsugnen har en aktiveringstid på 2 timmar medan resten av potentialen kan aktiveras på 1,5 timmar.

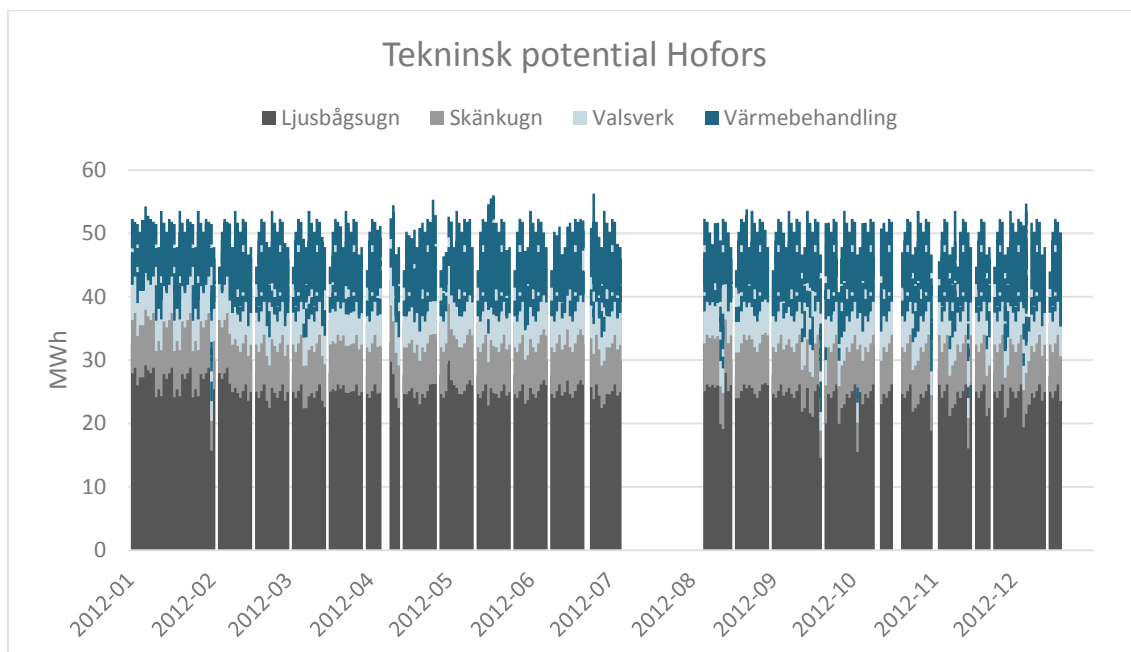


Diagram 13: Tekniskpotential Hofors

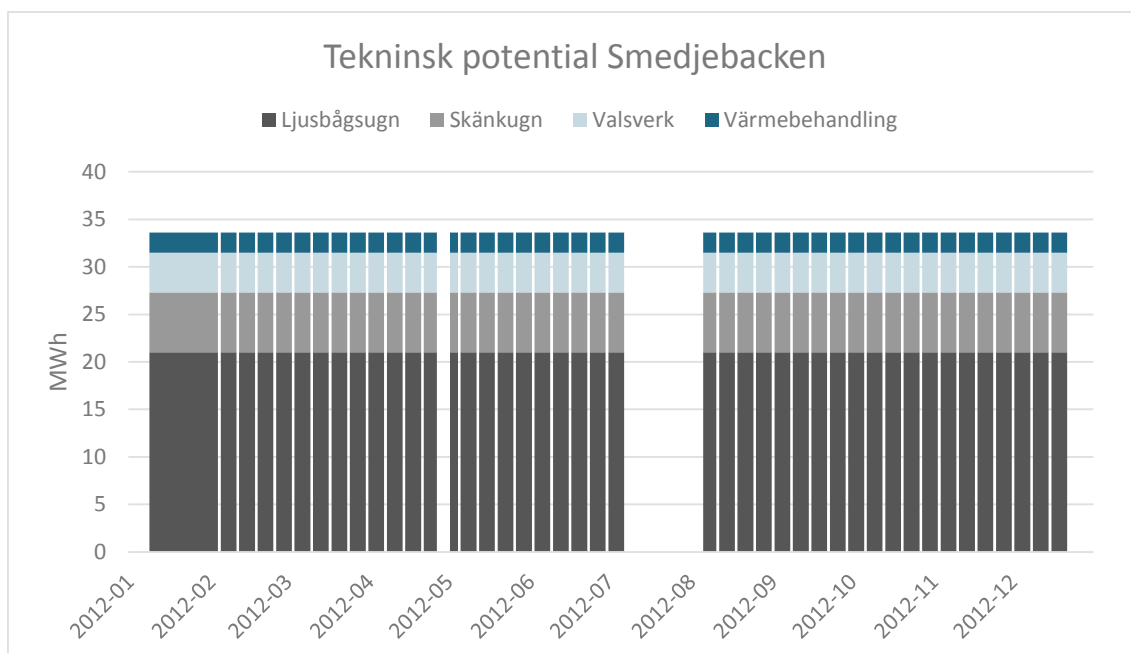


Diagram 14: Förbrukningsprognos uppdelad i delprocesser Smedjebacken

7.3.2.2 Outokumpu AB

Produktionsprocessen och förbrukningsmönstret i Outokumpus anläggning i Avesta är väldigt likt de två i Smedjebacken och Hofors. Den stora skillnaden är dock att processerna inte är fullt lika känsliga för neddragningar vilket öppnar upp för förbrukningsreduktion med en kortare aktiveringstid.

Ljusbågsugnen körs på ett liknande sätt med en tapp till tapp tiden på 60-70 minuter. Av den tiden så är "power on" även i detta fall 45 minuter men ugnen går bara förfullt de första 20 minuterna för att sedan gå ner på en lägre effekt de resterande 25 minuterna. I princip så skulle man kunna stänga ner denna process de första 10 minuterna innan stålet blivit för varmt. Efter det inledande 10 minuterna vill man dock undvika att stänga ner

processen för att inte skada utrustningen. Teoretiskt sett skulle effekten därför kunna stängas ner med 30 minuters intervall men enligt företaget är ett 40-45 minuters intervall det som tekniskt går att erbjuda. Smältprocessen står för 70 % av den totala förbrukningen och momentant kan den dra 60 MW medan snittet över en timme ligger betydligt lägre. (Bengtsson, 2013-12-10)

Efter smältprocessen och gjutningen av slabsen hålls ämnena varma i så kallade ämnesugnar. Det görs för att få rätt valsningstemperatur. I Avesta finns det mellan 2-3 timmars lagringsmöjlighet i dessa ugnar vilket gör att man vid behov kan stanna processen här utan att behöva stoppa smält- och gjutprocessen. Lagret kan utnyttjas för att skapa möjligheter för förbrukningsreduktion i nästa steg i processen, valsarna. (Bengtsson, 2013-12-10 & Nylander, 2013-12-10)

Valsningen sker i två steg i verket i Avesta. Det första steget är ett förpar som grovt reducerar tjockleken medan det andra steget är ett steckelverk som reducerar tjockleken ytterligare och hasplar upp stålbandet på rullar. Processen är känslig för stopp under drift men går i intervall om 10 minuter för att sedan stanna och laddas om med nya ämnen. Laddningen kan ta allt mellan 3 och 15 minuter. Detta produktionsmönster i kombination med lagringsmöjligheterna i steget innan skapar potential för snabb förbrukningsreduktion (10 minuter) med en uthållighet på upp till 3 timmar. Det finns dock ingen överkapacitet i valsverket varför vilotiden bygger på att det är möjligt att hämta igen produktionen vid lämpligt stopp. Motorerna i valsverken ligger på 10 MW respektive 15 MW och den genomsnittliga förbrukningen står för cirka 10 % av den totala förbrukningen i verket. Processen lämpar sig inte för automatisk- eller frekvensstyrd fränkoppling eftersom reduktionen måste ske mellan körningar och alltså är tidsberoende. (Bengtsson, 2013-12-10 & Nylander, 2013-12-10)

Utöver smältprocessen och valsningen finns ytterligare ett elintensivt processteg som drar cirka 10 % av den totala elförbrukningen. Det är en betningslinje där plåtrullarna rullas ut, behandlas och svetsas ihop till ännu större rullar. Även den här delen av produktionen är känslig för neddragningar under drift och går i intervall. Intervalltiden är dock 30 minuter vilket gör att förbrukningsreduktion inte kan aktiveras snabbare än så. (Bengtsson, 2013-12-10 & Nylander, 2013-12-10)

Alla möjligheter till förbrukningsreduktion på Avestaverket påverkar produktionstakten och kostanden måste därför vägas mot förlusten av utebliven produktion. Uppskattningsvis kostar det runt 300 000 kr per timme att inte producera. Kostanden per MWh är alltså beroende på hur mycket man drar ner. Förbrukningsreduktionen är svår att uppskatta storleksmässigt eftersom den inte beror på hur mycket som skulle kunna dras ner utan hur mycket som inte kommer att startas. Skulle man välja att inte starta valsverket i 10 minuter skulle kostnaden bli motsvarande 12 000 kr/MWh vilket är en hypotetisk siffra. Räknar man istället medel förbrukningen (5 MW) i valsverket skulle kostanden istället bli 60 000 kr/MWh. Det är svårt att se att den här typen av förbrukningsreduktion skulle gå att använda på en marknad där man handlar med MWh nedreglering eller uppreglering. I det här fallet vill man sälja en hypotetisk nedreglering som man egentligen inte kan bevisa om den genomförs eller inte. Priset är heller inte fixt då kostnaden för neddragningar beror på möjligheten att hämta ikapp produktion. Är bruket fullbelagt existerar i princip inte möjligheten att hämta ikapp förlorad produktion och kostanden blir därför mycket hög. I ett annat scenario med låg beläggning så skulle kostanden kunna vara betydligt lägre. (Nylander, 2013-12-10)

Tillgängligheten för förbrukningsreduktion är svår att uppskatta för batchbaserade stålverk eftersom produktionsprocessen är så varierande och inte går att stänga ner momentant utan snarare bygger på hypotetisk framtida neddragning. I teorin innebär det att tillgängligheten för ”neddragningar” är störst när förbrukningen är som lägst. Ett exempel på hur förbrukningen kan se ut timme för timme i ett batchbaserat stålverk kan ses i diagram 15 nedan. Det går tydligt att urskilja hur förbrukningen varierar till följd av ljusbågsugnen och de andra produktionsstegen. Det är dock omöjligt att utläsa vilka variationer som beror av vad eftersom diagrammet är timupplöst och processerna sker i intervall om 10-70 minuter (Bengtsson, 2013-12-10). Det som också syns är hur anläggningen stänger ner varannan vecka på grund av låg beläggning men under den här tiden passar man även på att göra underhållsarbeten. Förutom det kontinuerliga underhållet så har dessa anläggningar ett längre revisionsstopp på 2-4 veckor under sommaren (Nylander, 2013-12-10). År 2012 ser det dessutom ut som om fabriken stod stilla två perioder i december månad förmodligen till följd av oplanerade driftsstopp.

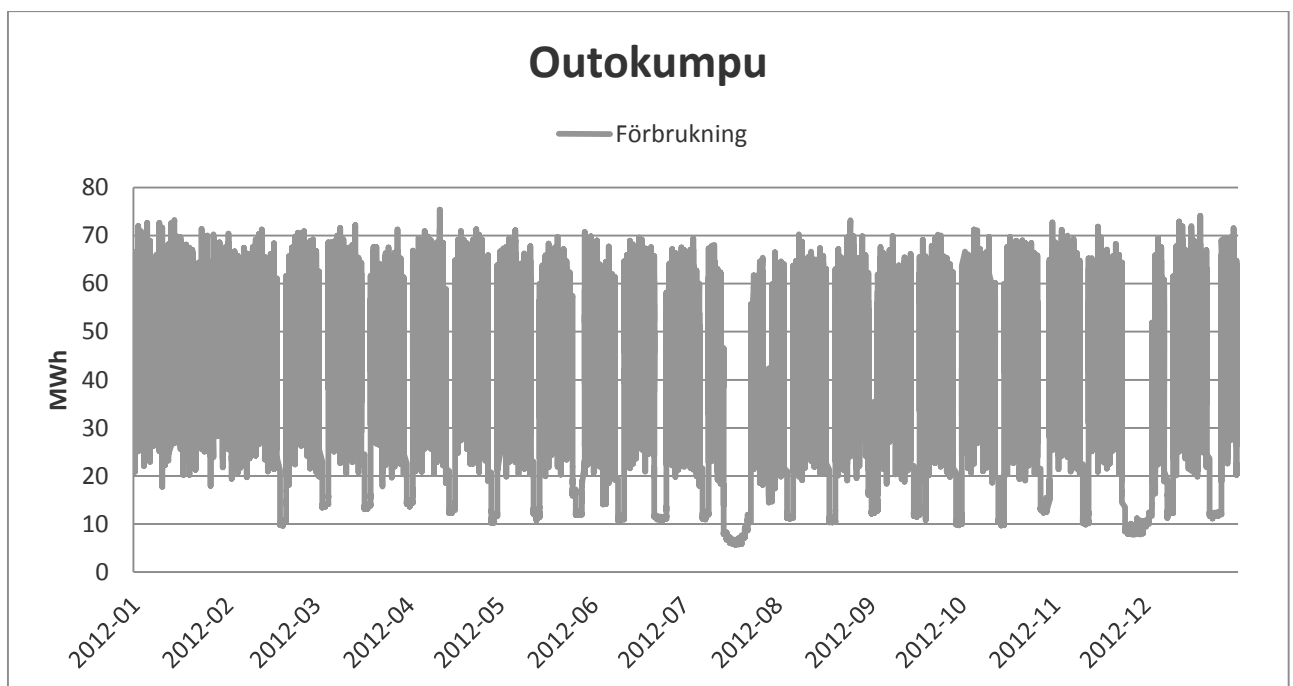


Diagram 15: Förbrukning i Outokumpus stålverk

Den tekniska potentialen sett över året har uppskattats på ett likande sätt som för Ovako Bar i avsnittet ovan. Den enda skillnaden är att här har den faktiska förbrukningen används istället för den prognostiserade. Här blir dock bristen i metoden tydlig då förbrukningen i valsverket ligger och pendlar mellan 2 och 5 MW medan den verkliga förbrukningen kan vara enda upp till 25 MW momentant. Den tekniska potentialen för både Outokumpu och Ovako Bar bör därför betraktas mer som ett medelvärde än ett timvärde.

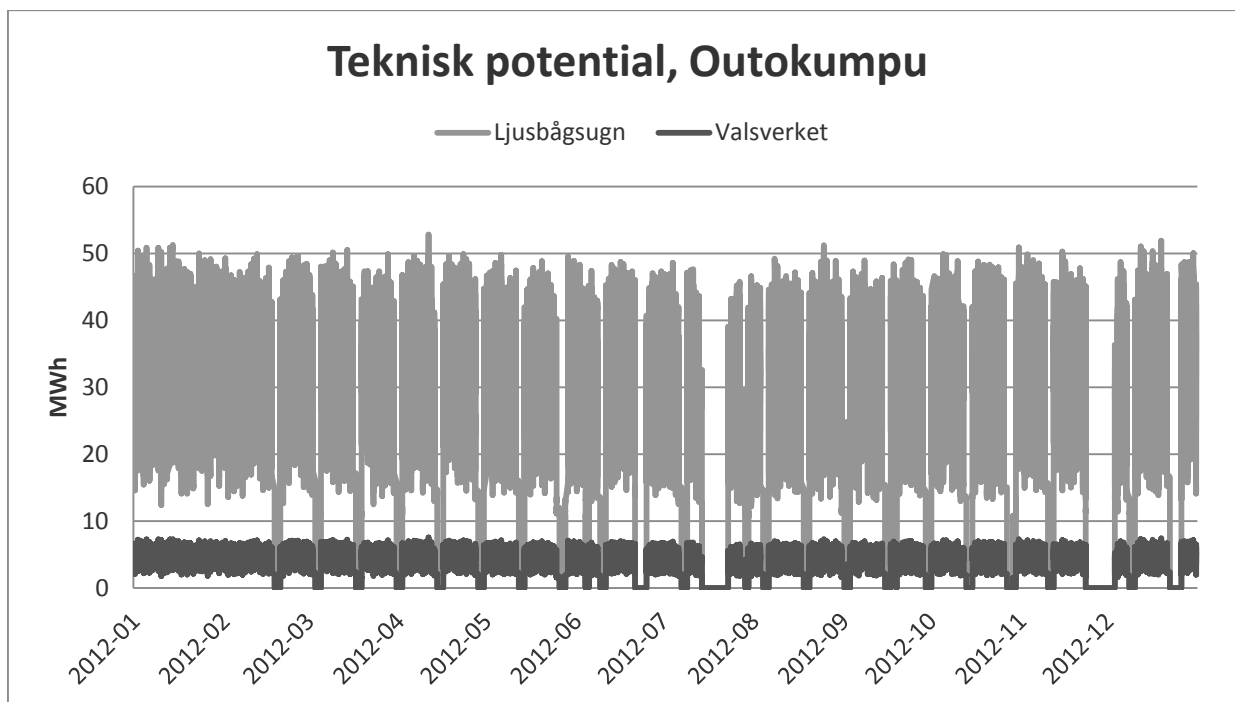


Diagram 16: Den tekniska potentialen i Outokumpus anläggning fördelat mellan ljusbågsugnen och valsverket.

7.3.2.3 Vargön Alloys AB

Vargöns Alloys anläggning skiljer sig från de andra anläggningarna som undersökts ovan eftersom den har kontinuerlig drift och malmbaserad ståltillverkning. Produktionsprocessen domineras helt av ljusbågsugnen som står för upp till 95 % av den totala elkonsumtionen. Att ugnen körs kontinuerligt innebär att det är 100 % "power on" det vill säga tappning och påfyllning av material sker fortlöpande under drift. Smältprocessen pågår parallellt i upp till fyra ugnar samtidigt men de senaste åren har normalt två ugnar använts med en effekt på 45 MW respektive 15 MW. När båda ugnarna är i full drift är effektuttaget från nätet något under 60 MW var av den övriga förbrukningen utgör 3-4 MW. (Nordmark, 2013-11-13)

Ljusbågsugnen är konstruerad för kontinuerlig drift och för att tåla långvarig exponering av smält metall. Det gör att processen inte är känslig för stopp och avbrott under smältprocessen. Ugnen kan därför med kort varsel, inom 15 minuter, stängas ner och den varma metallen hålls varm genom att ugnen är isolerad. Innan en nedstängning ska vissa processer i produktionen förberedas och därför måste en stängning av ugnen göras av en operatör och förbrukningsreduktionen kan därför inte automatiseras eller delta som frekvensreglering.

Ljusbågsugnen i Vargön Alloys anläggning utgör en väldigt bra och stabil källa för förbrukningsreduktion som skulle passa som snabb aktiv störningsreserv. Men det finns vissa begränsningar bland annat så vill man inte störa kommande ugnar drift och kan därför inte göra neddragningar längre än 2 timmar åt gången och av samma anledning vill Vargön Alloys undvika upprepade neddragningar. Därför måste vilotiden mellan aktiveringar minst vara 6 timmar. Anläggningen saknar även realtidsmätning som på sikt kommer vara ett krav för förbrukningsreduktion. (Nordmark, 2013-11-13)

Kostnaden för att vara reducerad måste täcka produktionsbortfallet och det priset är alltid beroende på marknadsläget. Det är därför svårt att säga exakt vad det skulle kosta att ingå

i en sådan här reserv men ett rörligt pris på under 800 kr/MWh är sannolikt. Priset bedöms kunna vara högre beroende på konjunktur. (Nordmark, 2013-11-13)

Tillgängligheten för förbrukningsreduktion varierar normalt inte över året. Anläggningen körs lika hårt dygnet runt året om. De två senaste åren har man dock haft vissa problem i produktionen som gjort att förbrukningen och produktionen inte följt normala mönster. I diagram 17 nedan visas Vargön Alloys timförbrukning för år 2012. Ur diagrammet går det att uttyda att produktionen under årets inledning varit stabil fram till det årliga revisionsstoppet i mitten av maj. Efter driftstoppet återgår anläggningen till normaldrift för att kort därpå stänga den mindre ljusbågsugnen (gissning). Efter det drivs anläggningen endast med den större ugnen fram till årets slut. Den kortvariga variation som finns i förbrukningen beror, till största del, på elektrodmatningar i ljusbågsugnarna. Då ugnarna tillfälligt tvingas stängas av på grund av kortare kontroller. (Nordmark, 2013-11-13)

Längre avvikelser beror på att man kan välja att köra antingen den ena eller den andra eller båda ugnarna. Anledningen till att man väljer att stänga av en ugn kan vara för att det är dålig avsättning för produkter, produktionsproblem eller att det är höga elpriser på Elspot. Vargön Alloys använder sig inte av prisberoendebud men är ändå aktiva på Elspot där de vid höga elpriser säljer tillbaka el till börsen och drar ner sin flexibla produktion i smältugnen. Historiskt ligger dock tillgängligheten för förbrukningsreduktion på 97,2 % om man bortser från perioder för revisioner. (Nordmark, 2013-11-13)

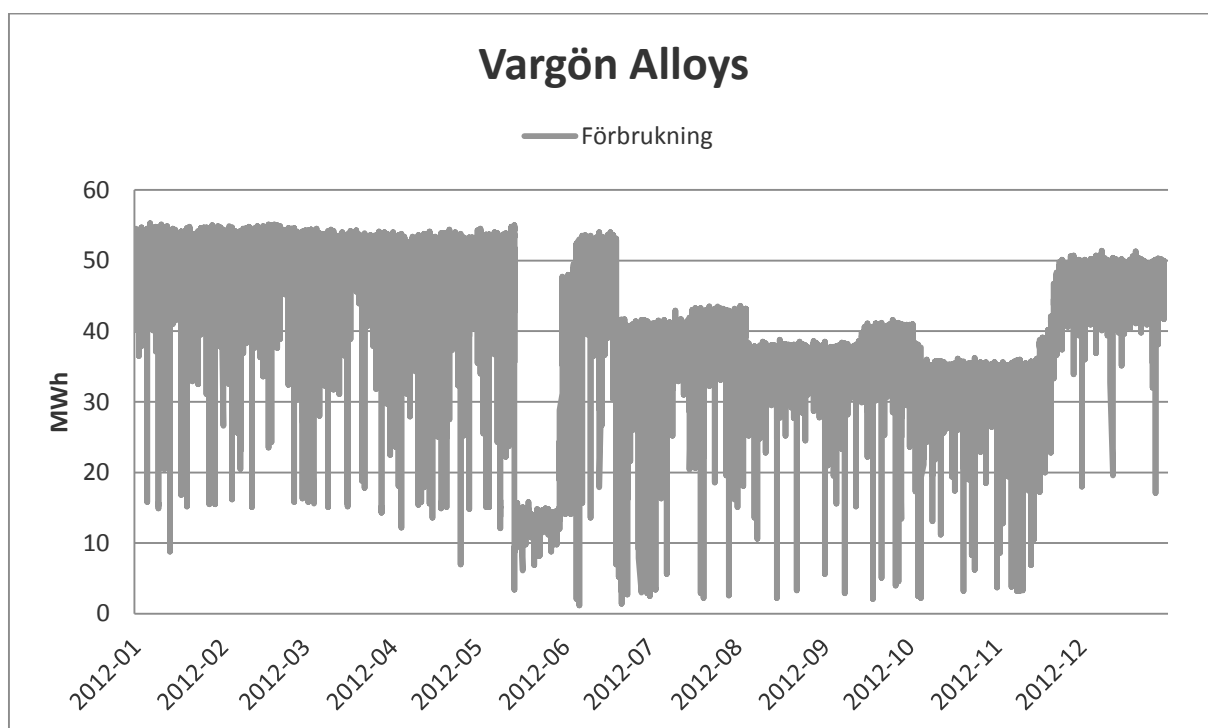


Diagram 17: Förbrukning i Vargön Alloys anläggning

Den tekniska potentialen varierar beroende på hur ugnarna körs och det är därför inte helt uppenbart hur stora neddragningar som kan göras timme för timme över ett år. När verket går för fullt är det dock klart att den övriga förbrukningen ligger runt 4 MW. Därför kommer tillgängligheten för förbrukningsreduktion att beräknas som all förbrukningen över 4 MW med ett undantag, revisionsstoppet då tillgängligheten anses vara noll. Den tekniska potentialen för Vargön Alloys anläggning över året visas i diagram 18 nedan.

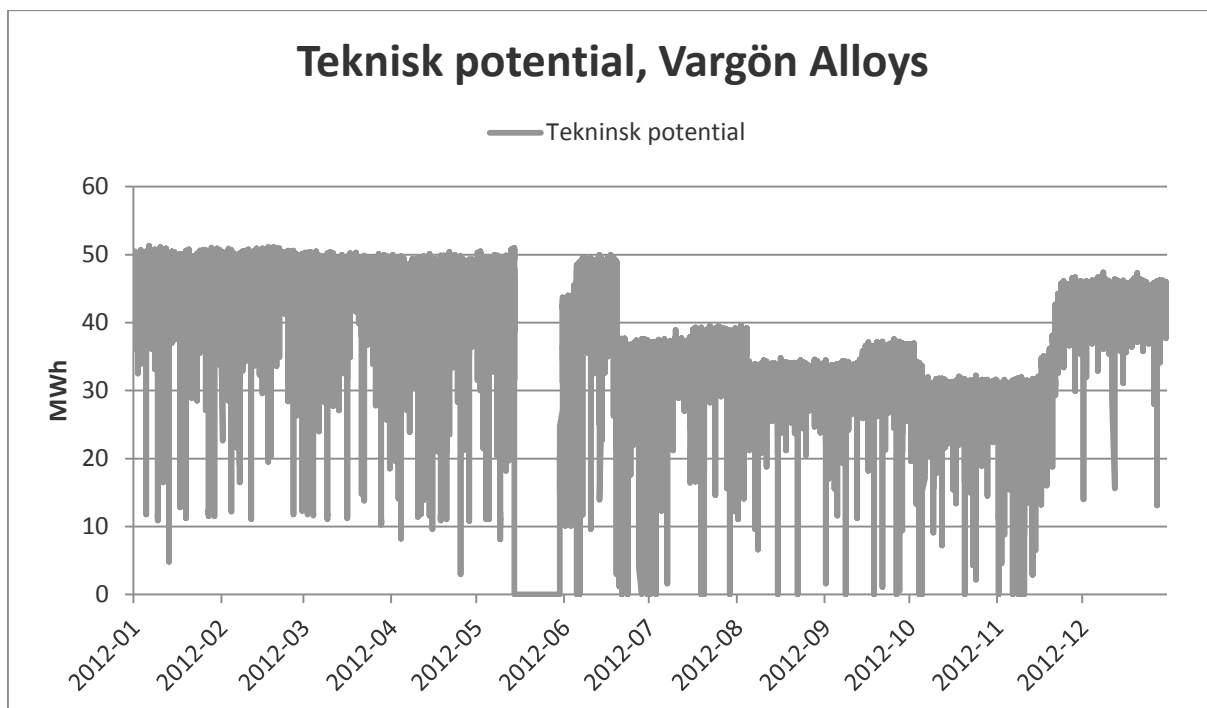


Diagram 18: Tillgängligheten för förbrukningsreduktion hos Vargön Alloys

7.3.2.4 Samlad bedömning av den tekniska och ekonomiska potentialen inom stålindustrin

I diagram 19 nedan har den samlade tekniska potentialen för stålindustrin plottats timme för timme för 2012. Som högst är den samlade tekniska potentialen 221 MW och som lägst är den 0 MW, snittet över året ligger på ca 140 MW. En uppdelning har gjorts med hänsyn till aktiveringstiden för de olika resurserna. Resultatet visar att potentialen är stor men att den största delen har en aktiveringstid som överstiger de 15 minuter som efterfrågas i den snabba aktiva störningsreserven. Nästan hela den tekniska potentialen med kort aktiveringstid kommer från Vargön Alloys ljusbågsugn och endast en liten del från valsverket i Outokumpus stålverk. Eftersom Vargön Alloys anläggning redan är med i effektreserven med ett bud på 50 MW begränsas den tekniska potentialen under vinterperioden. Bortsett från det så var tillgängligheten för förbrukningsreduktion inom 15 minuter var nästan 30 MW 90 % utav tiden men, som synes i diagram 20, så dyker varaktighetskurvan ganska snabbt om man kräver högre tillgänglighet än så. Det beror på att produktionen i Vargön Alloys anläggning är helt avstängd i tvåveckor samt att det förekommer en hel del tillfälliga stopp i smältugnen dels för elektrodkontroller men också på grund av oplanerade driftstopp och höga elpriser. Att försöka prognostisera förbrukningen och tillgängligheten mer än vecka framåt i tiden är därför svårt. Ingen del av den tekniska potentialen i stålindustrin är lämplig för automatisk fränkoppling eller frekvensstyrning då neddragningar måste göras kontrollerat med hänsyn till hela processen.

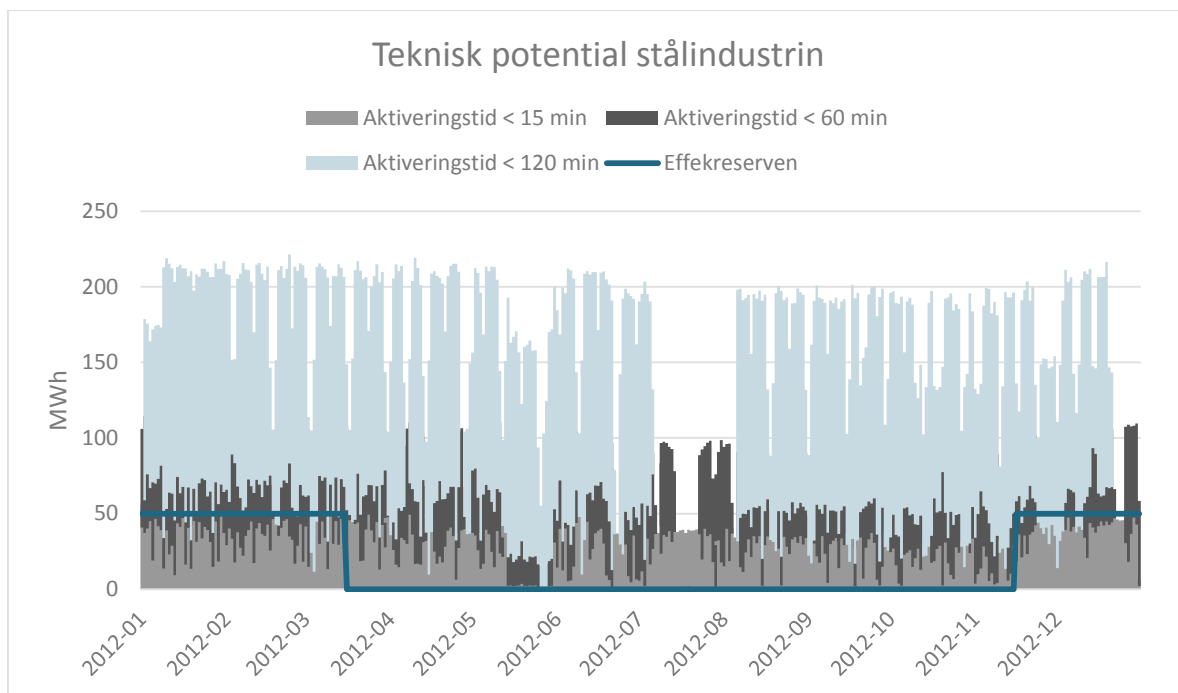


Diagram 19: Teknisk potential inom stålindustrin. Fördelat per aktiveringstid

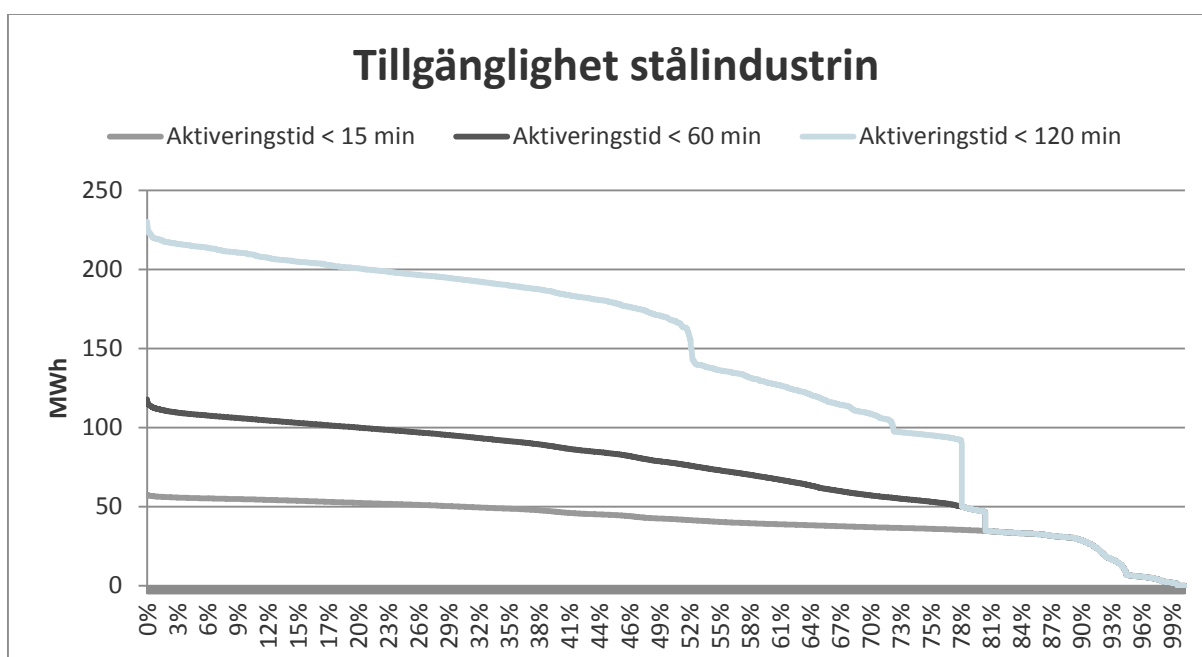


Diagram 20: Tillgänglighet för förbrukningsreduktion inom stålindustrin. Fördelat per aktiveringstid

På grund av att det inte finns några lagringsmöjligheter, avkopplingsbara laster, reservsystem eller andra möjligheter, bygger all förbrukningsreduktion i stålindustrin på omDispositionering av produktion. Det innebär att under högkonjunktur och fullbeläggning är det osannolikt att industrin vill medverka i förbrukningsreduktionsprogram då neddragningar direkt kommer påverka resultatet. Eftersom förbrukningsreduktionen i stålindustrin påverkar produktionen är det relativt dyrt att realisera potentialen. Det exakta rörliga priset är svårt att uppskatta då kostnaden beror helt på konjunkturläget och anläggningarnas möjlighet att omDispositionera produktionen. Hela den tekniska potentialen utom Outokumpus anläggning påverkas av spotpriset på el vilket gör att tillgängligheten

på förbrukningsreduktion har en negativ korrelation till elpriset, det vill säga, högt elpris låg tillgänglighet. I dagsläget så skulle Ovako Bars hela potential försvinna om elpriset överstiger 1 500 kr/MWh och Vargön Alloys potential skulle försvinna vid 800 kr/MWh (Nordmark, 2013-11-13 & Lund, 2013-12-12).

I Vargöns Alloys anläggning kan en stor del av förbrukningen reduceras på kort tid vilket gör att kostnaden för förlorad produktion sprids över många MWh. Att reducera smältugnen skulle uppskattningsvis kosta 800 kr/MWh beroende på konjunkturläge. Det är en betydligt lägre kostnad än att enbart reducera valsverket i Outokumpus anläggning. Kostanden för den förlorade produktionen, 300 000 kr, ska då enbart slås ut över en snittförbrukning på 5 MW vilket genererar ett pris på 60 000 kr/MWh. Drar man i stället ner hela bruket så cirka 50 MW i snitt så blir kostanden istället 6 000 kr/MWh. Samma resonemang gäller för Ovako Bars anläggningar i Hofors och Smedjebacken där priset för att dra ner hela konsumtionen ligger mellan 1 500-6 000 kr/MWh beroende på konjunktur. Den rörliga kostanden för att aktivera hela den tekniska potentialen i diagram 19 ligger alltså på under 6 000 kr/MWh. Då inte sagt att man kan aktivera hela den tekniska potentialen jämt till det priset.

Om kraven från avsnitt 6 tillämpas på den tekniska potentialen så skalas all förbrukning med längre aktiveringstid än 15 minuter i diagram 19 bort. Ytterligare krav dimensioner i form av uthållighet, vilotid och bud storlek påverkar funktionaliteten hos den tekniska potentialen. Av den tekniska potential som uppfyller 15-minuterskravet har Vargön Alloys en uthållighet på 2 timmar, en vilotid på 6 timmar och kan allt som oftast erbjuda bud mellan 30 och 50 MW men kan erbjuda bud över 5 MW 94 % av tiden. Valsverket hos Outokumpu har en uthållighet på 3 timmar och en vilotid som beror på produktionstakten och i slutändan på konjunkturen samt kan erbjuda snitt bud på 5 MWh. Båda resurserna uppfyller därmed kraven för att ingå i den snabba aktiva störningsreserven.

I slutändan är det endast Vargön Alloys ljusbågsugn och Outokumpus valsverk som uppfyller de funktionskrav som finns på den snabba aktiva störningsreserven. Vargön Alloys kan leverera en teknisk potential, enligt diagram 18, till ett rörligt pris av 800 kr/MWh medan Outokumpus resurs skulle kosta 60 000 kr/MWh att aktivera. Ett problem som finns är att anläggningarna inte är utrustad med en realtidsmätare vilket på sikt är ett krav för att medverka i störningsreserven.

7.3.3 Kemikalieindustrin

Tre av de undersökta industriella lasterna i den här studien tillhör kemikalieindustrin fördelade på tre koncerner; Borealis, INEOS och Preem. Anläggningarna har en samlad installerad effekt på 276 MW och utgör därmed 12 % av underlaget till den här studien. Alla tre koncernerna är aktiva på Elspot med prisberoendebud och två, Borealis och INEOS, är med i effektreserven med 6 respektive 30 MW.

De undersökta anläggningarna är olika både avseende produkter och processer. Därför är det svårt att generalisera vilka möjligheter det finns till förbrukningsreduktion. Det som är lika är förekomsten av kemiska processer och utrustning som är känsliga för plötsliga avbrott. Kemiska processer där ämnen reagerar under kontrollerade former gör att avbrott i elförsörjningen kan innebära materiella såväl som miljömässiga konsekvenser. Produktionskedjan kännetecknas också av ett starkt upp- och nedströms beroende, det vill säga, en kontinuerlig process där stopp i en delprocess innebär problem både uppströms och nedströms i produktionsprocessen. Eftersom det inte går att generalisera produktionsprocesserna kommer varje koncern att behandlas var för sig.

Tabell 13: Anläggningar inom kemikalieindustrin

Företag	Produkt	Elområde	Installerad effekt
Borealis AB, Stenungsund	Polyolefiner, baskemikalier och konstgödsel	SE3	137 MW
INEOS, Stenungssund	Plastråvaran polyvinylklorid	SE3	65 MW
Preem Petroleum AB	Oljeprodukter	SE3	65 MW

7.3.3.1 Borealis AB

Borealis produktion kan beskrivas i två produktionssteg, som sker i en krackeranläggning och en polyetenanläggning. Polyetenanläggningen består i sin tur av flera parallella produktionsenheter av olika storlek som producerar likartade produkter. I de parallella stegen förekommer olika processteknik vilket bidrar till olika elintensitet. I grova drag är elbehovet, om anläggningen går för fullt, på totalt 125 MW. Av dessa ligger ungefär 50 MW i krackeranläggningen och 40 MW i den största av de parallella polyetenlinjerna. De resterande 35 MW återfinns i de mindre elintensiva parallella fabrikslinjerna i polyetenanläggningen. Övrig förbrukning som inte är inblandade i produktionen står för ca 2 % av det totala effektuttaget. (Spets, 2013-11-14)

I krackeranläggningen fördelas långa kolväten till korta genom kraftig uppvärmning under högt tryck. Driften är i hög grad kontinuerlig och stoppas i princip bara planerat var 6 år för ett underhållsstopp. Oplanerade stopp sker i genomsnitt en gång per år, cirka 50 – 100 timmar per tillfälle. Den kemiska processen är mycket känslig och stopp och start i anläggningen får stora konsekvenser både ekonomiskt och för miljön.

Uppskattningsvis kostar det uppåt tio miljoner att stoppa och starta anläggningen plus att det innebär stora miljökonsekvenser därför lämpar sig krackeranläggningen inte alls för förbrukningsreduktion. (Spets, 2013-11-14)

På grund av att anläggningen är så känslig för driftstörningar så finns det ett reservsystem som vid behov kan ersätta elmotorer i kritiska stödsystem med ångdrift. Backup systemet används redan idag som en flexibel resurs på Elspot i prisberoendebud. Systemen som ersätts förbrukar cirka 6 MW kontinuerligt. Reservsystemet startas automatiskt om trycket i systemet sjunker men går inte att starta manuellt på kortare tid än en timme. Tekniskt skulle det vara möjligt att stänga ner eldriften till det kritiska systemet och förlita sig på att backup driften fungerar men det är inte ett möjligt alternativ då riskerna är för stora. Därför är den kortaste aktiveringstiden för den här typen av förbrukningsreduktion cirka en timme. Neddragningar eller egen produktion i backup systemet aktiveras endast om priset på Elspot ligger mellan 2 000-3 000 kr/MWh under några sammanhängande timmar. Backup-systemet kan därför ses som en del av den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion. (Spets, 2013-11-14)

Även polyetenanläggningarna är känsliga för störningar då det innebär avbrott i produktionen. Avbrott i produktionen betyder att man måste fackla av de processsystem som är igång eftersom det är ett starkt upp och nedströms beroende i hela produktionskedjan. Att fackla av innebär att man eldar upp råvara i de olika processtegen till dess att produktionen kan återupptas. Återigen har stopp som detta stora ekonomiska och miljömässiga konsekvenser. Nyckel i den här typen av anläggningar är kontinuerligdrift utan störningar eller stopp. (Spets, 2013-11-14)

I flera polyetenanläggningar finns det maskinsystem med 2-3 timmars lagringsmöjlighet både upp- och nedström i systemet. Lagringsutrymmet gör att avbrott inte påverkar resten av produktionen så länge uppstarten sker innan bufferten förbrukats. Det finns dessutom en viss överkapacitet i maskinsystemet som innebär att det går att jobba ikapp och återställa bufferten på ett dygn om maskinen går för fullt. Den mest elintensiva av dessa maskinsystem budas redan i dag ut i effektreserven som 6 MW. Förbrukningen i detta maskinsystem ligger egentligen mellan 6 och 9 MW men eftersom bindningstiden i effektreserven ligger på flera månader vet man inte i vilken produktionstakt som polyetenanläggningen kommer ha och därför garderar man sig med ett bud på 6 MW. En kortare upphandlingstid skulle innebära att en större mängd skulle kunna bjudas in som reservkapacitet när möjlighet ges. Produktionen i maskinsystemet kan stoppas momentant men det måste göras manuellt av personal på plats. Det gör att aktiveringstiden beror på vart personalen befinner sig vid ett eventuellt larm. Borealis vågar därför inte lova en kortare aktiveringstid än 30 minuter. Tillgängligheten i detta maskinsystem ligger på cirka 90 %. (Spets, 2013-11-14)

Utöver den flexibla resurs som bjuds in i effektreserven finns ytterligare 3 liknande maskinsystem med en samlad effekt på cirka 5 MW. Dessa system har liknande möjligheter för förbrukningsreduktion som systemet ovan. Anledningen till att de inte bjuds in i effektreserven är svårigheten att genomföra neddragningarna på flera ställen i anläggningen parallellt. Nedstängningen av maskinsystemen kräver processutbildad personal vilket är en begränsad resurs och följaktligen skulle förbrukningsreduktion i ytterligare system ha längre aktiveringstid än 30 minuter. Tillgängligheten i dessa maskinsystem är lägre än i det ovan och det är ungefär 50-60 % utav tiden som det finns hela 5 MW. (Spets, 2013-11-14)

Produktionen i polyetenanläggningarna och därmed tillgängligheten för förbrukningsreduktion varierar över året på grund av konjunktur, produktionsstopp och revisioner. Normalt har Borealis polyetenanläggning ett men ibland två revisioner per år. I diagram 21 nedan syns det tydligt hur driftsstoppet år 2012 inträffar i slutet av augusti och pågår i cirka två veckor. Under den tiden är det bara krackeranläggningen som förbrukar el. I diagrammet framgår hur produktionen varierar kraftigt beroende på vilka av polyetenlinjerna som är i drift. När förbrukningen ligger mellan 80 och 90 MW per timme är det troligt att endast krackeranläggningen och den största av polyetenanläggningarna, den med högst tillgänglighet, är i drift. Den övriga variationen beror på att ytterligare polyetenlinjer tas i och ur drift samt att anläggningarnas produktionstakt varierar.

Vilka polyetenanläggningar som är i drift vid en given tidpunkt beror på konjunktur och orderingången. Det är därför svårt att uppskatta hur mycket av den tekniska potentialen som finns tillgänglig vid en given tidpunkt. Det står dock klart att ju högre förbrukning desto fler polyetenanläggningar i drift vilket betyder en högre teknisk potential. Ett antagande har gjorts där den tekniska potentialen från polyetenanläggningarna beskrivs som en funktion av förbrukningen, tabell 14. I diagram 21 redovisas denna tekniska potential tillsammans med de 6 MW som antas finnas tillgängligt i och med backup systemet. Undantaget revisionsstoppet i slutet av augusti då förbrukningsreduktionen antas vara obefintlig.

Tabell 14: Formel för att beräkna tillgängligheten för förbrukningsreduktion.

Förbrukning:	>115 MW	>105 MW	>90	>85	>80
Teknisk potential för förbrukningsreduktion i polyetenanläggningarna:	14 MW + 6 MW	12 MW + 6 MW	9 MW + 6 MW	7,5 MW + 6 MW	6 MW + 6 MW

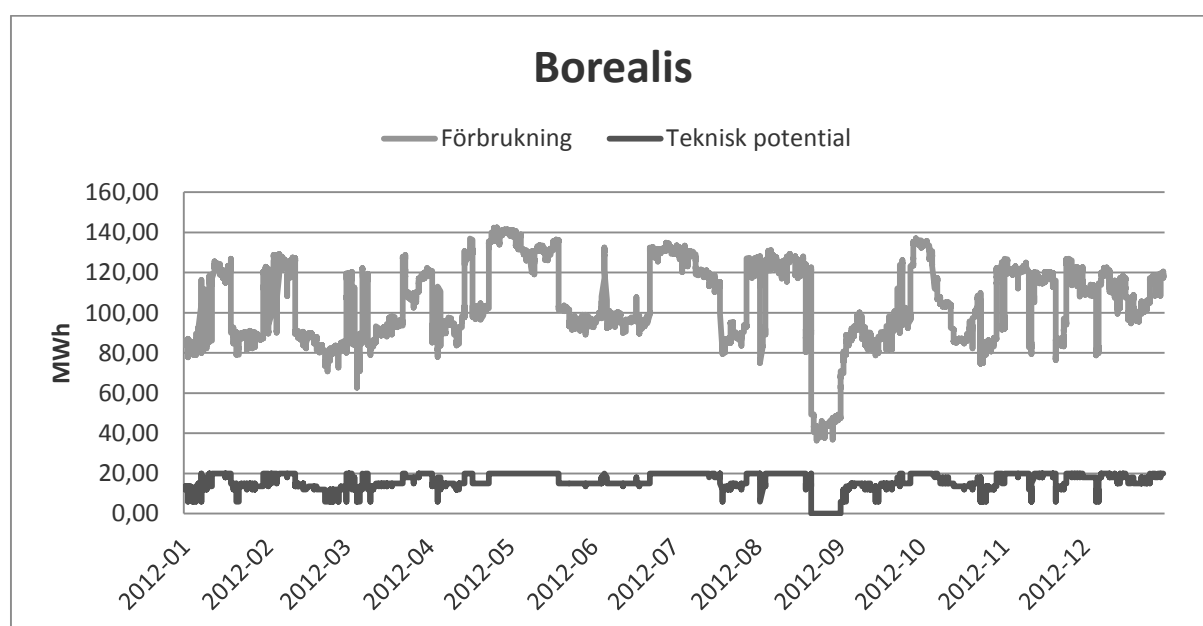


Diagram 21: Borealis förbruknings och tekniska potential för förbrukningsreduktion

7.3.3.2 INEOS Sverige

INEOS produktion i Smedjebacken sker i tre på varandra följande fabrikssteg; klortillverkning genom elektrolys, VCM tillverkning och slutligen PVC-plast tillverkning. Tillsammans står dessa steg för 99 % av den totala förbrukningen vilket gör att neddragningar i övriga system är försumbara i sammanhanget. (Olsson, 2013-11-13)

Klortillverkningen med hjälp av elektrolys är den i särklass mest energikrävande delen av produktionen och står för runt 79 % av den totala elförbrukningen i anläggningen. Det färdiga klorret används för att producera en mellanprodukt som heter EDC, en blandning mellan klor och eten. EDC har liknade egenskaper som dieselolja och går därför att lagra och transportera på liknande sätt. Det finns en viss underkapacitet i klorproduktionen vilket gör att man redan idag köper en viss del EDC och lagerhåller. Lagret gör det möjligt att göra neddragningar i klorfabriken och istället använda inköpt EDC i de efterföljande fabriksstegen. Neddragningar i klorfabriken kan göras inom 15 minuter och så länge lagret på EDC räcker uppskattningsvis 2 000 MWh per månad. Den flexibla förbrukningen i klorfabriken ligger redan med i effektreserven och används även som flexibel resurs i prisberoende bud på Elspot. På Elspot läggs buden in som blockbud och det är först när snittpriset över 12 timmar stiger över 750 kr/MWh som det är intressant med neddragningar. Anledningen till att INEOS använder blockbud det är att det tar 2-3 timmar efter en neddragning innan produktionen är i full gång och det är därför inte värt att undvika enstaka timmar med högt pris. Minskar man elförbrukningen till följd av elpriset så vill man göra det en längre tid oftast dagtid då priserna är som högst (Olsson, 2013-11-13). Det är därför troligt att kostanden för att aktivera INEOS förbrukningsreduktion en timme kommer vara närmare 3 000 kr/MWh.

Tekniskt går det att styra ner hela klorfabriken men INESO vill under vinterperioden undvika neddragningar under en totalförbrukning på 30 MW. Vilket innebär att den flexibla delen i klorfabriken är all förbrukning över 30 MW på vintern och något mer på sommaren. Processen kan styras ner så mycket som behövs då fabriken kan gå på en lägre effekt utan att det påverkar produktionskvaliteten bara produktionshastigheten. Teoretiskt skulle det gå att ha den här delen av processen fjärrstyrd med frekvensreglering men det skulle kräva investeringar då sådan utrustning inte finns på plats idag. (Olsson, 2013-11-13)

De två övriga processtegen står tillsammans för cirka 20 % av den totala elförbrukningen men lämpar sig dåligt för förbrukningsreduktion. VCM-fabriken kan jämföras med ett raffinaderi, det vill säga en kontinuerlig process där råvarorna värms, kyls och pumpas runt. Den är väldigt känslig för störningar i elförsörjningen eftersom det kan ta upp till en vecka att innan man justerat in maskineriet på nytt. Avbrott i processen kan även leda till att produkterna stelnar i utrustningen som då måste plockas ner och rengöras manuellt. Av dessa anledningar vill man undvika att störa processen på något sätt. (Olsson, 2013-11-13)

PVC tillverkningen är inte fullt lika känslig som VCM tillverkningen på grund av att man har ett backup system med dieselaggregat som vid en nödsituation kan köra ner produktionen på ett säkert sätt. En stor del av tillverkningen sker i reaktorer där en kemiskprocess under ett antal timmar måste fortlöpa utan avbrott i elförsörjningen. Det är kritiskt att omrörnings- och nedkylningssystemen fungerar för att produkten inte ska stelna, läcka ut eller förstöras. Tekniskt skulle det vara möjligt att erbjuda förbrukningsreduktion i dieselaggregaten men det tycker INEOS är för riskfullt och de

används bara i nödsituationer. Därför utesluts dessa resurser ur den tekniska potentialen. (Olsson, 2013-11-13)

Således består den tekniska potentialen av elektrolysen i klortillverkningen vilket också är den mest elintensiva delen av produktionen. Tillgängligheten i klorfabriken är nära 100 % då den alltid är i drift (Olsson, 2013-11-13). De undantag som finns är när man drar ner förbrukningen på grund av höga elpriser. Som nämnts ovan så lägger INEOS blockbud på Elspot så elpriset måste överstiga 750 kr/MWh under 12 timmar för att man ska göra neddragningar. Blockbuden gör att neddragningar till följd av elpriset inte sker särskilt ofta eftersom det är ovanligt med priser över 750 kr/MWh under längre tid. I diagram 22 nedan redovisas INEOS elförbrukning för år 2012. De ända minskningar av elförbrukningen som korrelerar med ett högt spotpris är de 30 MW neddragningar som inträffar i början av februari. Utöver det beror övriga avvikelser från normal förbrukning på 60 MW på planerade och oplanerade driftstopp. Det större stoppet i månadsskiftet september – oktober är troligtvis ett av de återkommande revisionsstoppen som görs med 18 månaders mellanrum, antingen på våren eller på hösten.

Eftersom neddragningar i klorfabriken under 30 MW vill undvikas kommer den tekniska potentialen för 2012 beräknas som förbrukningen över 30 MW. Resultatet timme för timme redovisas i diagram 23 nedan.

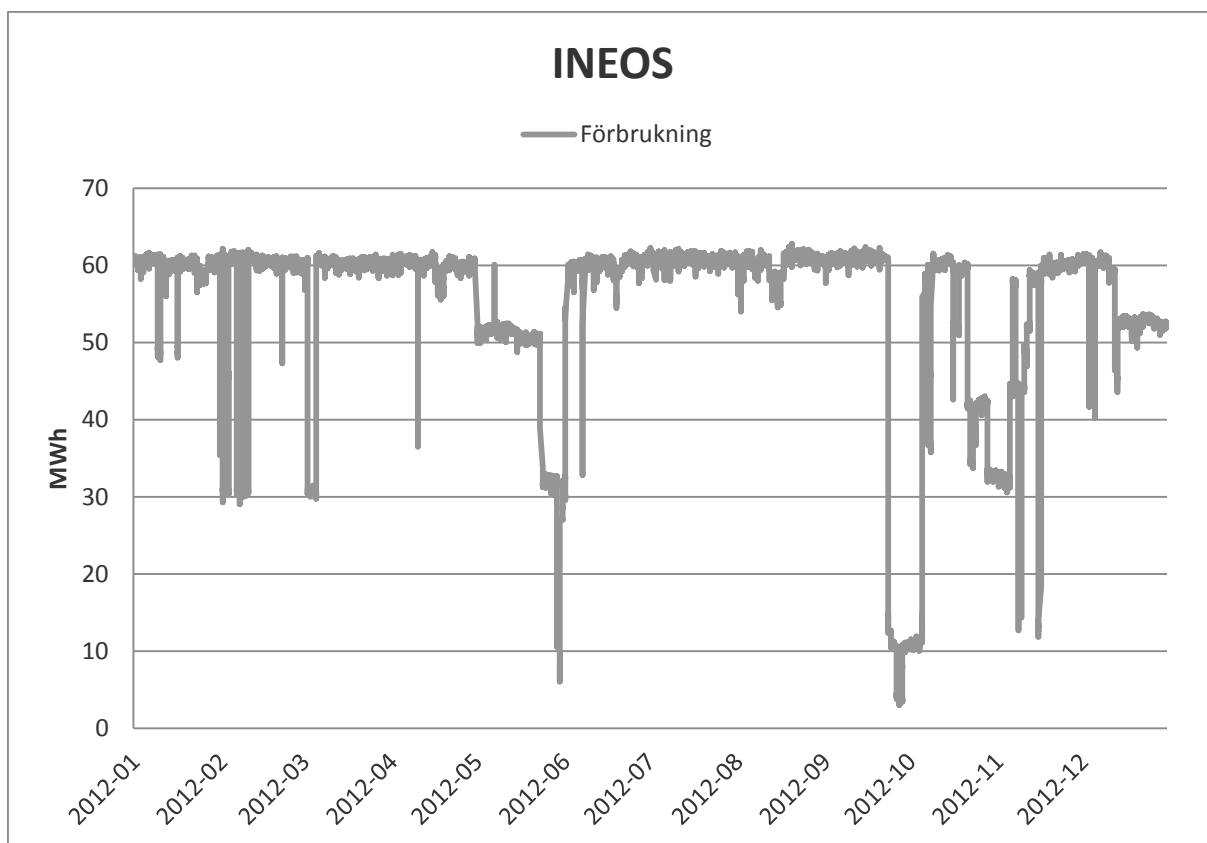


Diagram 22: INEOS förbrukning under 2012

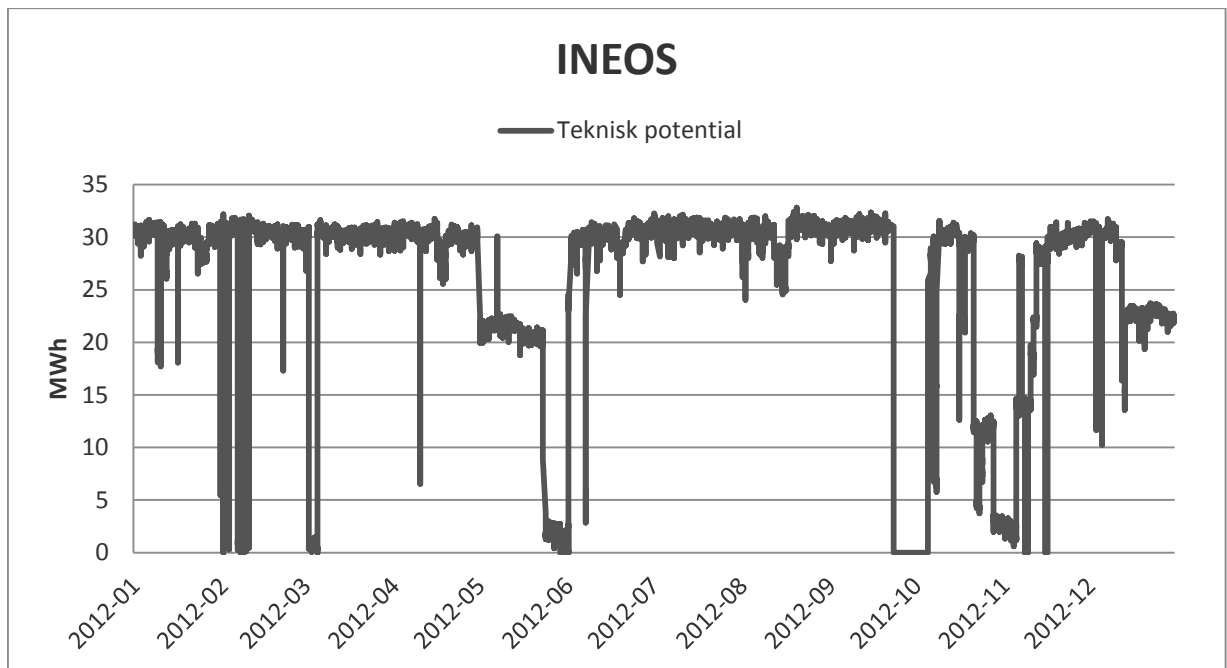


Diagram 23: INEOS tekniska potential för förbrukningsreduktion

7.3.3.3 Preem

Oljeproduktionen i Preems raffinaderi i Lysekil är inte lika lätt att beskriva schematiskt som övriga processer i den här studien. Raffinaderiprocesserna är för komplexa för en detaljerad beskrivning. Det som dock kan sägas är att det finns ett tiotal delprocesser med ungefär lika stor elförbrukning. Det handlar om krackeranläggningar som delar på långa kolväten för framställning av diesel och bensin, destillationsanläggningar som separerar komponenterna i oljorna, vakuumanläggningar som utökar utbytet av destillat, reformeranläggning där nafta omvandlas till reformat för att senare framställa bensin och så vidare. Det gemensamma för alla anläggningar är att olja pumpas in från satsningstankar för att sedan värmas under högt tryck. Vad som sedan händer i anläggningarna skiljer sig åt men de elintensiva delarna är desamma, pumpar, kompressorer och värmeväxlare. I stort sett varje anläggning har pumpar för in- och utpumpning, kompressorer för att öka trycket samt värmeväxlare för att öka eller sänka temperaturen. Det intressanta i sammanhanget är inte vilken effekt varje enhet har utan att det inte finns utrymme för effektreduktion utan att påverka processen. Hela anläggningen är så integrerad att neddragningar i ett system i praktiken innebär neddragningar i hela raffinaderiet. (Allén, 2013-12-17)

Den tekniska möjlighet som finns för förbrukningsreduktion är att köra hela raffinaderiet med en lägre produktionstakt. Det skulle vara möjligt att köra produktionen på halvfart och därmed dra ner effekten till hälften, cirka 30 MW. Att dra ner produktionstakten på ett säkert sätt skulle dock ta uppemot ett dygn att genomföra och de ekonomiska förlusterna skulle bli stora. Raffinaderiet i Lysekil har ett täckningsbidrag på cirka 8 miljoner/dygn, det vill säga intäkter minus rörliga kostnader. Det innebär att kostnaden för en neddragning av produktionstakten minst måste matcha den förlorade intäkten, 4 miljoner kr/ dygn eller 5 555 kr/MWh. Kostanden skulle sannolikt bli ännu högre då neddragningen medför vissa risker och sannolikt försenade leveranser. (Allén, 2013-12-17)

Eftersom produktionsprocessen är så känslig för avbrott finns det ett backupsystem som vid behov kan ersätta eldrivna pumpar och kompressorer med ångdrift. Det finns på så vis vissa möjligheter att minska elförbrukningen med kort framförhållning. Anläggningen i Lysekil har tre bränsleeldade ångpannor som alltid är varma för att snabbt kunna startas upp och ersätta eldriften. Att använda ångdriften som en resurs för förbrukningsreduktion strider dock mot backupsystemets syfte som är att undvika störningar i driften. Stora investeringar i anläggningen har gjorts för att säkerställa kontinuerlig drift och Preem vill inte introducera en ny risk genom att medverka med backupsystemet i ett förbrukningsreduktionsprogram. Ångpannorna kommer därför inte att räknas som en del av den tekniska potentialen. (Allén, 2013-12-17)

Produktionen i raffinaderiet i Lysekil går varje dag hela året. Planen är att köra 6 år i taget för att sedan stoppa en månad och utföra nödvändigt underhåll. Det investeras mycket för att hålla anläggningen i kontinuerlig drift. Den variation som finns i eluttaget beror snarare på vilka produkter som produceras för tillfället än om anläggningen går för fullt. Elpriset är en faktor men det berör bara optimeringen av anläggningen och påverkar där med vilka produkter man ska producera och i vilken kvantitet. Tillgängligheten för förbrukningsreduktion kan därför anses god och förbrukningsprognosen som lämnats in till Svenska kraftnät (Diagram 24 nedan) är också konstant 60 MW nästan hela året 2012. En konstant förbrukning på 60 MW medför en teknisk potential på 30 MW hela året.

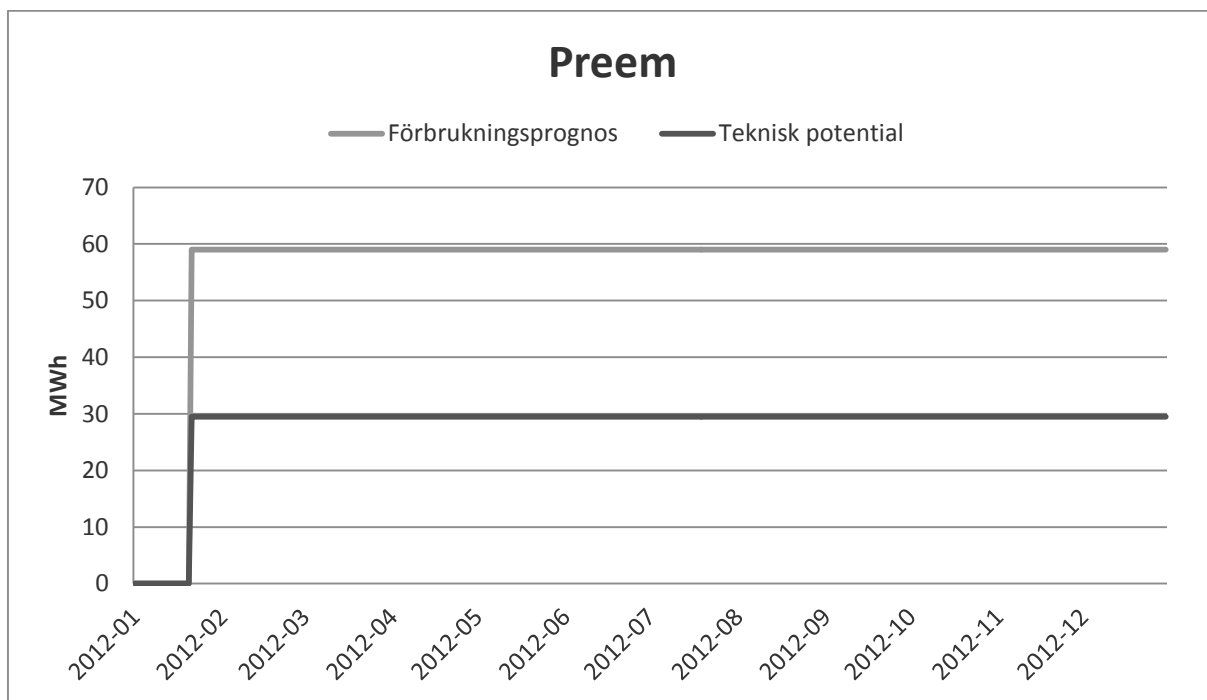


Diagram 24: Förbrukningsprognos och tekniskpotential för Preems raffinaderi i Lysekil.

7.3.3.4 Samlad bedömning av den tekniska och ekonomiska potentialen inom kemikalieindustrin

Den tekniska potentialen inom kemikalieindustrin redovisas nedan i diagram 25, sorterat beroende på aktiveringstid. Sammanlagt är den tekniska potentialen som högst 76 MW och som lägst 24 MW, snittet över 2012 var 63,5 MW. Som synes är den samlade potentialen ganska låg i jämförelse med skogs- och stålindustrin och de resurser som går att aktivera inom 15 minuter utgörs enbart av INEOS elektrolyprocess. Eftersom INEOS och Borealis är med i effektreserven begränsas tillgängligheten i den tekniska potentialen under vintermånaderna vilket illustreras i diagram 25. Bortsett från det så är

tillgängligheten för elektrolysprocessen relativt god och diagram 26 visar att det 2012 fanns mer än 18 MW 85 % av tiden och mer än 30 MW 55 % av tiden. Variationerna i förbrukningen 2012 beror till största del på planerade och oplanerade driftstopp men vissa neddragningar har gjorts till följd av höga spotpriser på Elspot och INEOS ligger alltid aktiva med prisberoendebud. I de prisberoendebuden görs förbrukningsneddragningar om 12 timmarsmedelpriset överstiger 750 kr men priset kan ändras beroende på konjunktur. Eftersom produktionen och förbrukningen variera beroende på elpriset är det lönlöst att försöka prognostisera tillgängligheten för förbrukningsreduktion mer än en dag framåt i tiden.

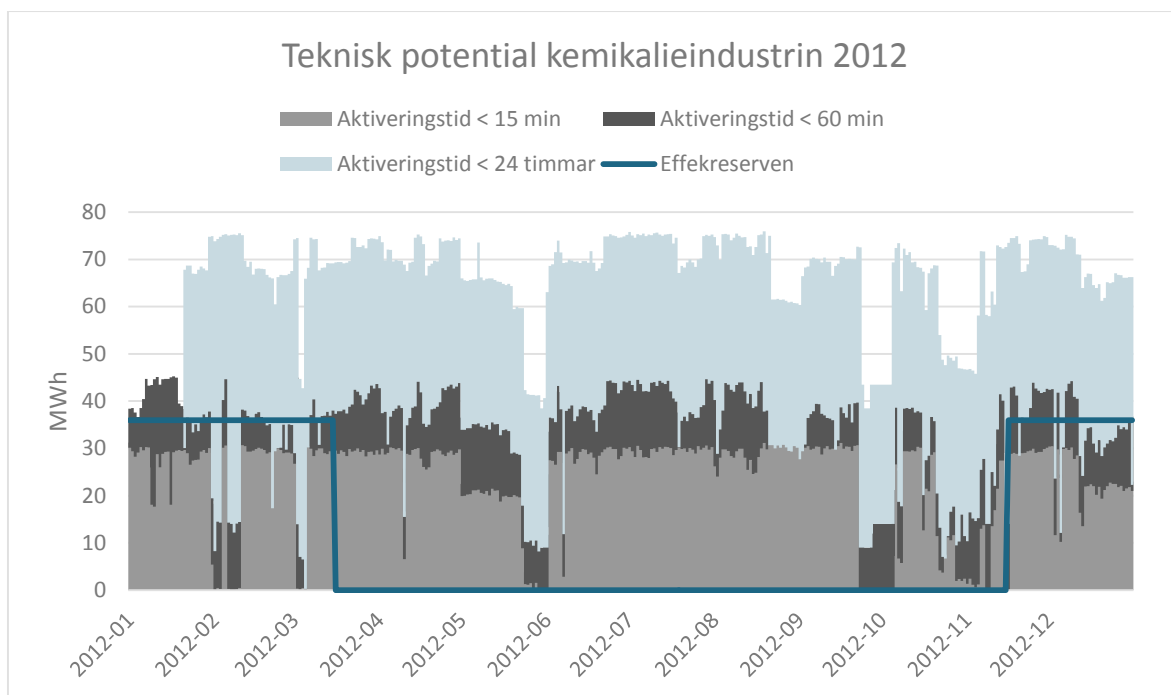


Diagram 25: Teknisk potential i kemikalieindustrin 2012. Uppdelat per aktiveringstid

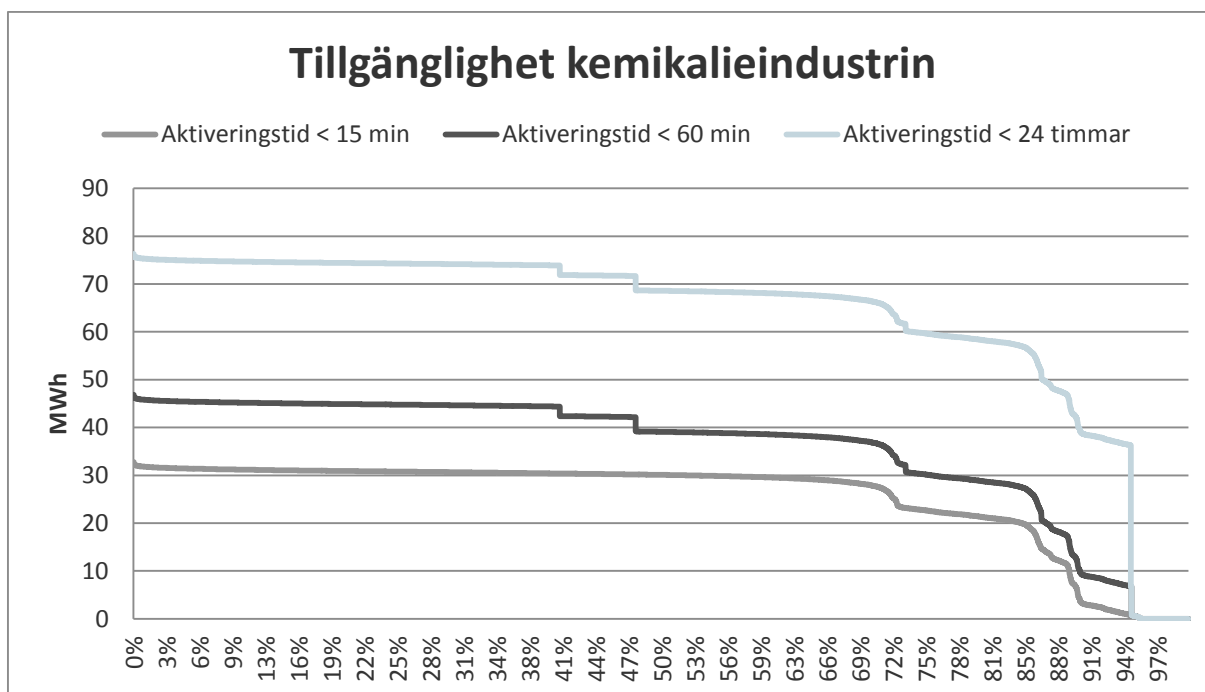


Diagram 26: Tillgänglighet i kemikalieindustrin 2012.

Den samlade tekniska potentialen inom kemikalieindustrin är möjlig genom lagerhållning, backup system och om disponering av produktion. Lagerhållningen förekommer på två olika sätt. I INEOS fall köper man in råvara som ersätter förlorad produktion och i Borealis fall finns en produktionsbuffert och överkapacitet. Eftersom produktionen inte påverkas av förbrukningsreduktion i dessa resurser är tillgängligheten inte lika känslig för konjunktursvängningar som i resurser som bygger på om disponering av produktion. Samma resonemang gäller för Borealis backupsystem som ersätter konsumtion utan att påverka driften. Kostanden borde därför vara lägre för att aktivera dessa resurser jämfört med till exempel Preems förbrukningsreduktion som bygger på neddragningar som direkt påverkar produktionen.

Den rörliga kostnaden för att aktivera resurser och därmed den ekonomiska potentialen för förbrukningsreduktion har uppskattats på två olika sätt beroende på vilken typ av förbrukningsreduktion som erbjuds. I Preems fall där neddragningar påverkar produktionen har kostnaden uppskattats till täckningsbidraget, 5 555 kr/MWh. De övriga fallen har den rörliga kostnaden uppskattats till aktiveringspriset på de prisberoende bud som de lägger på Elspot. Det innebär 2 000-3 000kr/MWh för Borealis resurser och 3 000 kr/MWh för INEOS resurser (Spets, 2013-11-14 & Olsson, 2013-11-13).

Eftersom det endast är INEOS resurs som uppfyller 15 minuters-kravet är det endast den som skulle kunna användas som snabb aktiv störningsreserv. INEOS förbrukningsreduktion har en uthållighet på 2 000 MWh/månad och ingen vilotid mellan aktiveringar. I princip så är det möjligt att styra förbrukningen med frekvensreglering men den tekniken finns inte på plats idag. Tillgängligheten under 2012 var god men under 6 % av tiden kan ingen reduktion erbjudas. Dessutom ligger resurser redan med i effektreserven och är därför upptagen under vintermånaderna.

7.4 Samlad teknisk och ekonomisk potential för förbrukningsreduktion

Den samlade tekniska potentialen som identifierats i den här studien redovisas nedan i diagram 27. En uppdelning i aktiveringstid har gjorts eftersom det är avgörande aspekt för den snabba aktiva störningsreserven. Det framgår av diagrammet att större delen av den tekniska potentialen uppfyller 15 minuters-kravet som finns på snabb aktiv störningsreserv.

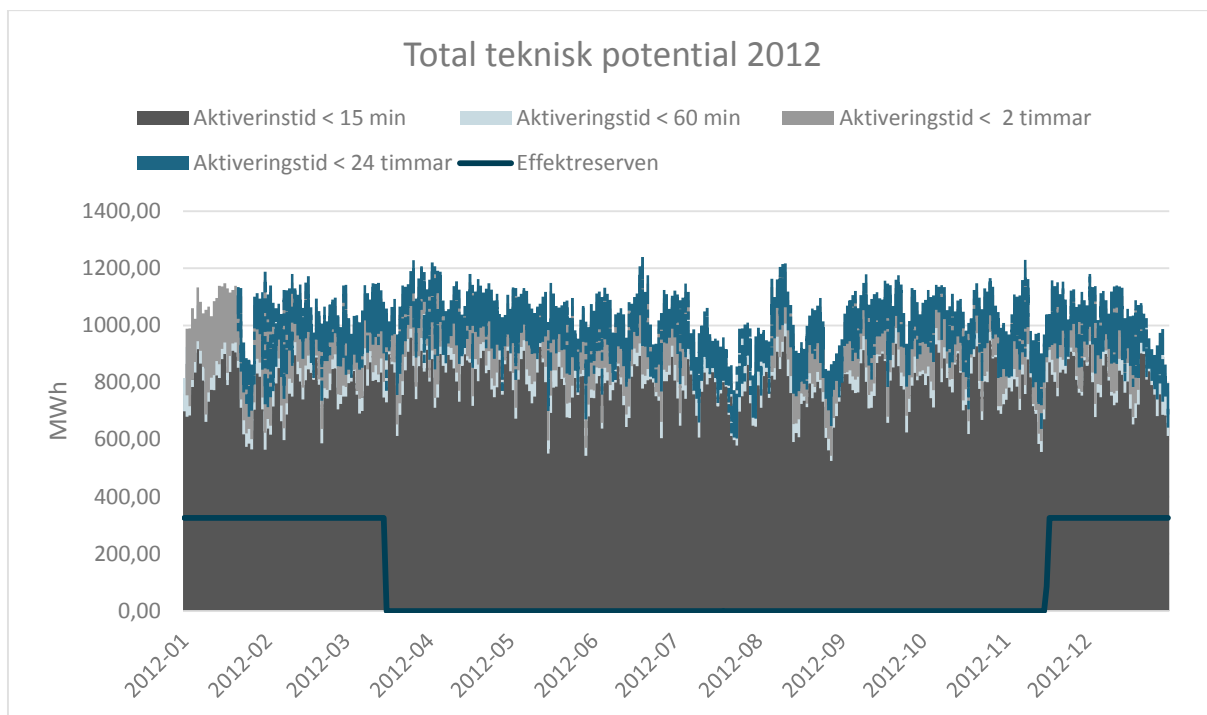


Diagram 27: Total teknisk potential för förbrukningsreduktion år 2012 uppdelad per aktiveringstid

Totalt sett fanns det under hela 2012 en stor teknisk potential för förbrukningsreduktion som uppfyller kraven för snabb aktiv störningsreserv. Diagram 28 nedan visar denna tekniska potential per bransch och för avkopplingsbara laster i SE 3. Tillgängligheten i medel över året var 850 MW med ett maxvärde på 1 077 MW och ett minvärde på 521 MW. Av den tekniska potentialen så ligger redan 320 MW med i effektreserven och är därför reserverad under vintermånaderna. Även fast det just denna vintersäsong inte skedde någon aktivering av reduktionsbuden i effektreserven. De resurser som ligger med i effektreserven är delar av Stora Ensos förbrukning samt hela den tekniska potentialen i stålindustrin och kemikalieindustrin. Således är de resurser som i dagsläget finns tillgängliga för reduktion under effektperioden Holmen, delar av Stora Enso, Outokumpus valsverk och de avkopplingsbara lasterna i elområde 3. Eftersom effektreserven ska avvecklas till år 2020 finns hela den tekniska potentialen tillgänglig på några års sikt. Trots det så når den effektmässiga storleken på den tekniska potentialen inte upp till kravet på 1 450 MW som finns på den snabba aktiva störningsreserven.

Endast två anläggningar, Stora Ensos bruk i Hylte och Nymölla, är lokaliserade i elområde 4. Eftersom Nymöllabruken dessutom är ett litet kemiskt bruk är potentialen för förbrukningsreduktion i elområde 4 väldigt liten, i snitt ca 100 MW över året. Tillgängligheten för förbrukningsreduktion i elområde 4 är därför långt ifrån kravet för snabb aktiv störningsreserv på 700 MW. Den effektmässiga storleken i elområde 3 är däremot betydligt större och snitt tillgängligheten når precis upp i områdeskravet på 750 MW.

Förbrukningsreduktionen inom industrin bygger i samtliga fall på manuell aktivering med hänsyn till produktionsprocesserna på respektive anläggning. Automatisk fränkoppling, underfrekvensstart eller frekvensreglering är därför inte möjligt i någon anläggning i dagsläget och endast INEOS tror att det i ett framtidsperspektiv är tänkbart att erbjuda dessa tjänster. Totalt sett erbjuder förbrukningsreduktionen från industrin ingen eller mycket begränsad möjlighet till frekvensstyrning eller underfrekvensstart. De

avkopplingsbara lasterna har andra förutsättningar och kan redan i dagsläget erbjuda både underfrekvensaktivering och fjärrstyrd automatiskfrånkoppling.

Av den tekniska potentialen är endast ett fåtal anläggningar utrustade med realtidsmätare trots det så är huvuddelen av den tekniska potentialen kopplad via realtidsmätare på grund av att både Stora Enso och Holmen som står för den största delen av den tekniska potentialen och har realtidsmätning.

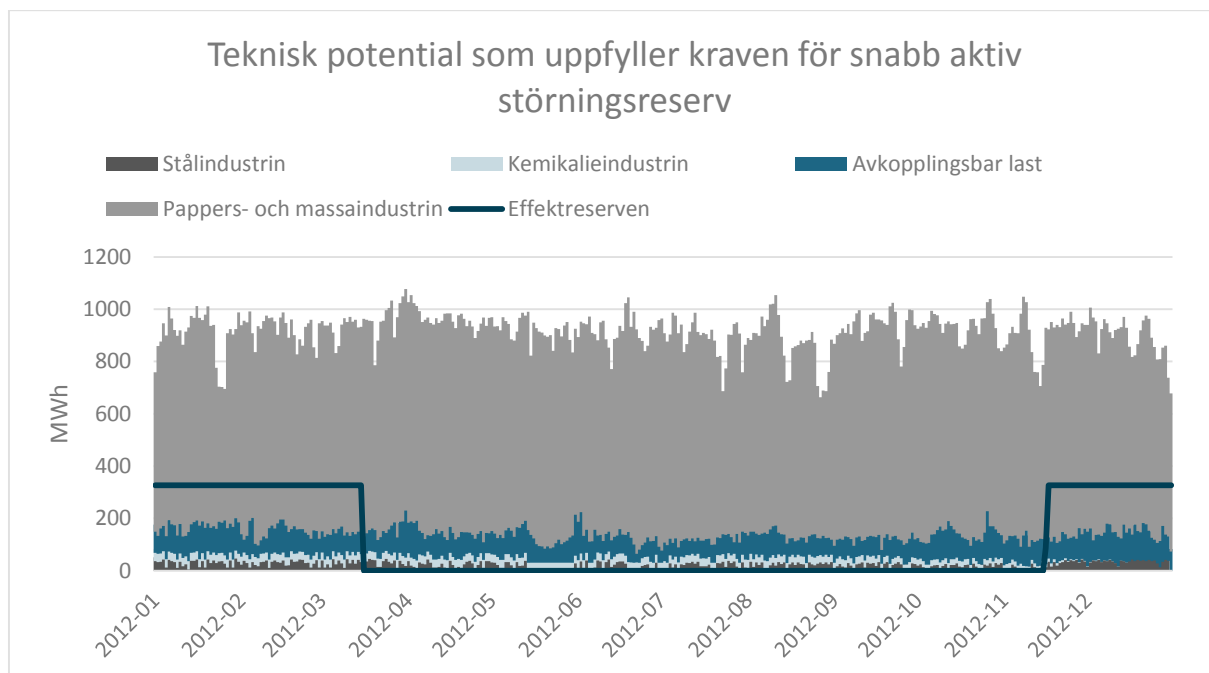


Diagram 28: Total teknisk potential 2012 per bransch och avkopplingsbar last

Den ekonomiska potentialen har sammanställts nedan i diagram 29 som en funktion av den rörligakostanden för att aktivera de olika förbrukningsresurserna. Storleken på resurserna varierar över året men har i den ekonomiska potentialen uppskattats till sitt medelvärde. Totalt finns det alltså 850 MW att tillgå fördelat per resurs. På grund av att kostnaden för Outokumpus valsverk är så extremt hög har den uteslutits ur diagrammet för att göra det mer lättöverskådligt. Värdena på y-axeln indikerar hur stor mängd förbrukningsreduktion som skulle kunna aktiveras till priset på x-axeln. Den första resursen som aktiveras är de avkopplingsbara lasterna följt av Vargön Alloys ljusbågsugn. Efter det så börjar en inkrementell aktivering av de flexibla resurserna i Holmen och Stora Enso. Vid en kostnad på 2 000 kr har hela Holmens flexibla förbrukning aktiverats medan Stora Ensos flexibla förbrukning först är fullt aktiverad vid en kostnad på 7 500/MWh. Vid en kostnad på 3 000 kr/MWh så aktiveras INEOS elektrolys och ingår då även i den ekonomiska potentialen.

Diagram 29 indikerar även vid vilket elpris de olika resurserna sannolikt stänger ner sin förbrukning och därmed inte finns tillgängliga för förbrukningsreduktion. De flesta av industrierna använder sig dock av blockbud och därför är det inte troligt att en enstaka högpriestimme drar ner hela den flexibla förbrukningen. Trots det är känsligheten för höga elpriser ett hot mot tillgängligheten av förbrukningsreduktion som snabb aktiv störningsreserv. Reserven ska alltid finnas tillgänglig, oavsett elpris, och därför är det problematiskt att förbrukningen och därmed tillgängligheten förvinns vid extrema elpriser.

Tillgängligheten för förbrukningsreduktion är även känslig för konjunktursvängningar. I de fall där lagerhållning och backupsystem möjliggör förbrukningsreduktion innebär högkonjunktur högre tillgänglighet och lågkonjunktur lägre tillgänglighet eftersom elförbrukningen och tillgängligheten påverkas av beläggningen, med andra ord konjunkturen. Ett omvänt förhållande föreligger för anläggningar som erbjuder förbrukningsreduktion som beror på omdisponering av produktion. Här innebär ett fullbelagt bruk att tillgängligheten för reduktion är obefintlig medan ett bruk som har dålig beläggning har goda möjligheter att medverka i förbrukningsreduktion eftersom de kan välja att senarelägga produktion. Eftersom samtliga anläggningar i den tekniska potentialen, med undantag av Outokumpu och Vargön Alloys, erbjuder den första typen av förbrukningsreduktion har högkonjunktur generellt en positiv inverkan på tillgängligheten i den här studien.

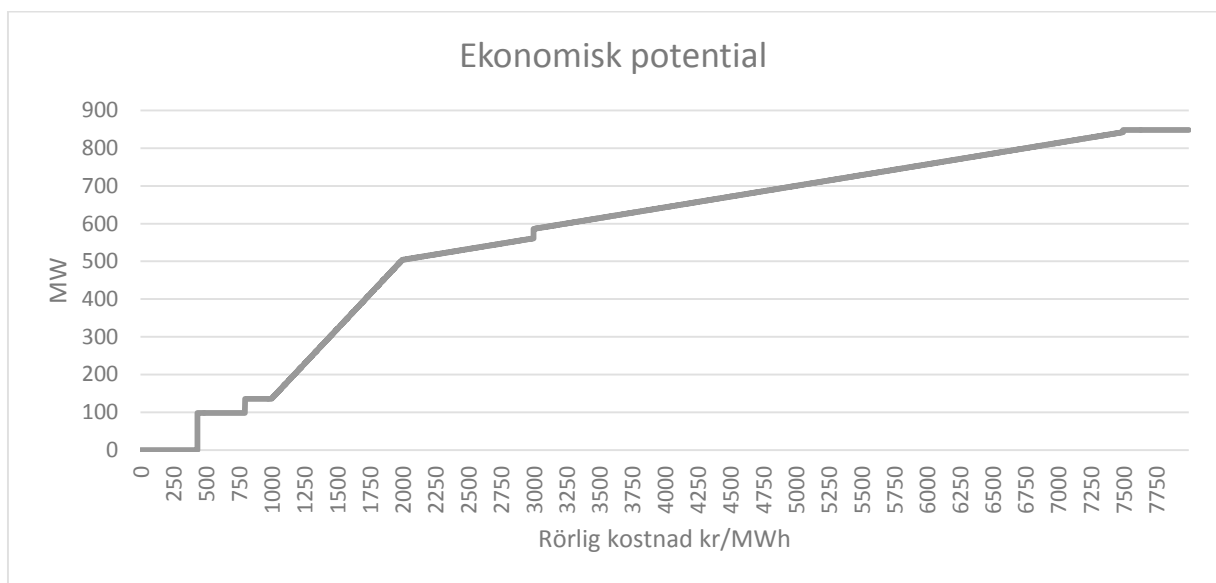


Diagram 29: Ekonomisk potential för förbrukningsreduktion som en funktion av den rörliga kostnaden för aktivering. Kostandena är uppskattade till aktiveringspriset för respektive industris prisberoendebud på Elspot.

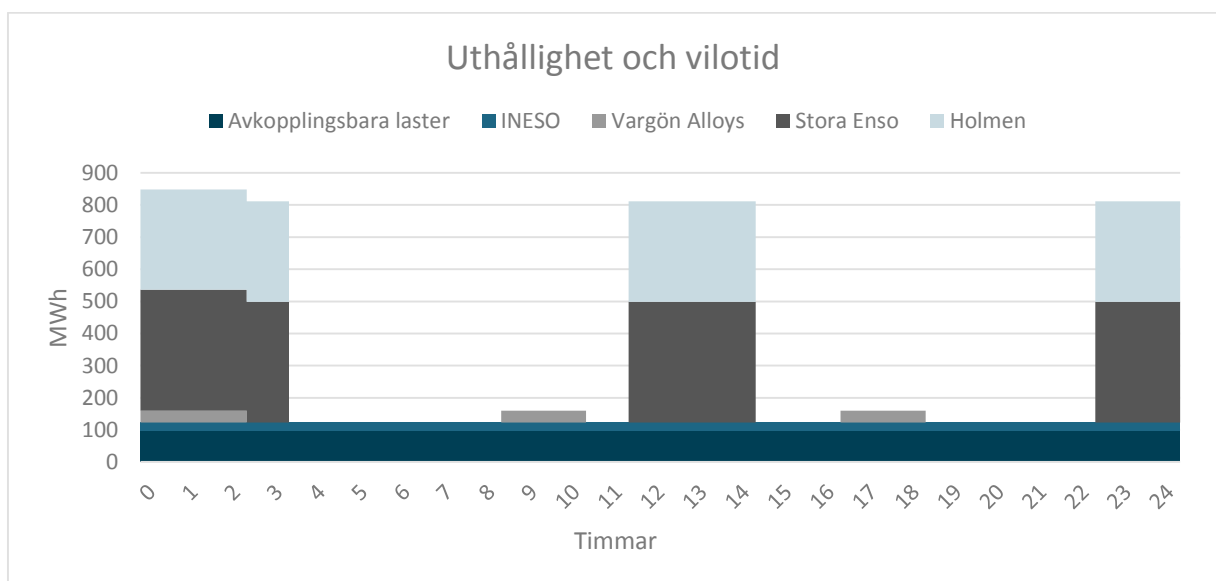


Diagram 30: Illustration av uthållighet och vilotid hos förbrukningsreduktionen i den tekniska potentialen vid maxaktivering.

Förutsättningarna för att skapa en marknad för snabb aktiv störningsreserv är begränsad till 6 aktörer i elområde 3 och 1 aktör i elområde 4. Mellan 1 och 6 aktörer utgör ett dåligt underlag för en marknad som är långt ifrån tillräckligt likvid för att förbrukade bud ska kunna ersättas med nya. En av aktörerna, Outokumpu, har dessutom en förbrukningsreduktion vars rörliga kostnad är så pass hög att den sannolikt aldrig skulle användas. I diagram 30 ovan illustreras uthålligheten och vilotiden hos den tekniska potentialen genom att maximera aktiveringen av alla bud under ett dygn, det vill säga hela den tekniska potentialen körs för fullt med så korta uppehåll som möjligt. Av diagram 30 framgår att den tekniska potentialen som finns i elområde 3 skulle kunna hantera det dimensionerande felet i totalt 3 timmar.

Ett dimensionerande fel i elområde 3 skulle i en första sekvens aktivera de avkopplingsbara lasterna, Vargön Alloys, Holmen, INEOS och stora delar av Stora Enso bud. Uthålligheten hos dessa laster begränsas primärt av Vargön Alloys anläggning med 2 timmar. Detta bud skulle initialt kunna ersättas genom att ytterligare bud från Stora Enso aktiveras. Efter 3 timmars aktivering skulle Holmen och Stora Ensos anläggningar nå sina begränsningar och störningsreserven skulle vara helt utreglerad. Efter att uthålligheten förbrukats skulle det ta uppåt 8 timmar innan förbrukarna åter är redo att hantera ett dimensionerande fel och under den tiden skulle elsystemet inte uppfylla N-1 kriteriet utan andra åtgärder.

7.5 Kostnadsjämförelse mellan gasturbiner och förbrukningsreduktion

Kostnaden för att använda förbrukningsreduktion som snabb aktiv störningsreserv varierar beroende på vilken förbrukare som tillfrågas. I den här studien har den rörliga kostnaden likställts med förbrukarnas täckningsbidrag (kostnad för att täcka produktionsbortfall) i fall de har omdisponerat produktion och med deras prisberoende bud ifall de haft tillgång till flexibel förbrukning. Det är dock inte sannolikt att förbrukarna enbart nöjer sig med en ersättning som enbart täcker deras kostnader utan de vill sannolikt ha en förtjänst för att delta i en reserv. Denna förtjänst kan antingen bestå av en fast ersättning för att reservera kapacitet plus en rörlig ersättning vid aktivering eller enbart en hög rörlig ersättning som kraftigt överstiger kostnaderna för att aktivera budet. I de flesta fall används den tidigare modellen med en fast- och en rörligersättning för att ge förbrukarna ett incitament att delta i störningsreserven även om de inte blir aktiverade (Fritz, 2007). Därför kommer denna modell även att antas i denna kostnadsjämförelse.

Eftersom den fasta kostnaden för att ligga med i den snabba aktiva störningsreserven inte undersökts i den här studien kommer den antas vara av samma storleksordning som den i effektreserven, det vill säga 204 000 kr/MWh/år. Den rörliga kostnaden kommer att likställas med den ekonomiska potentialen som redovisas i diagram 29 ovan som är olika beroende på hur stor volym störningsreserv som aktiveras.

Kostnaden för att investera i nya gasturbiner beräknas i avsnitt 5.3 utifrån den finska investeringen i nya gasturbiner och Svenska kraftnät GT:s kostnader för drift och underhåll. I tabell 15 nedan redovisas en sammanställning av såväl fasta som rörliga kostnader. Det framgår att de fasta kostnaderna för att investera och driva nya gasturbiner kommer bli högre än de fasta kostnaderna för att reservera kapacitet hos förbrukare. Den rörliga kostnaden för att aktivera reserverna anges som ett intervall. Anledningen till det är att förbrukarna vill ha olika mycket betalt för att aktivera förbrukningsreduktion medan det i gasturbinernas fall beror på vilken typ av gasturbin som används.

Tabell 15: Sammanställning av kostnader för nya gasturbiner och förbrukningsreduktion. Kostnaderna för gasturbinerna har hämtats från Finngrid och Svensk kraftnät GT medan kostnaderna för förbrukningsreduktion har likställts med de i effektreserven samt insamlats från industrin.

	Investeringskostnad	Fastersättning	Rörligersättning
Gasturbiner	171 000 kr/MW, år	46 500 kr/MWh/år	1800 – 2600 kr/MWh
Förbrukningsreduktion	0 kr/MW, år	204 000 kr/MW, år	434 – 7500 kr/MWh

8 Avslutande diskussion

Resultatet av studien visar att det finns förutsättningar för förbrukningsreduktion framförallt i elområde 3. Den avslutande diskussionen belyser styrkor, svagheter, möjligheter och hinder som finns med att använda förbrukningsreduktion som en snabb aktiv störningsreserv.

Att använda förbrukningsreduktion som snabb aktiv störningsreserv bidrar inte med extra funktionalitet, snarare tvärt om. Genom att ersätta gasturbinerna förlorar man i stor utsträckning funktioner som underfrekvensstart, frekvensreglering och dödnätstart. Eftersom kraven på vilka funktioner den snabba aktiva störningsreserven ska uppfylla är något vaga när det kommer till beredskapsnyttan kan denna studie endast konstatera att dessa funktioner skulle gå förlorade om alla gasturbiner ersattes av förbrukningsreduktion. Enligt Lars Karlström (2013) skulle detta framförallt ha en stor påverkan på beredskapsnyttan vid dödnätsstart där gasturbinerna har en viktig funktion i och med att de kan spänningssätta nätet på kort tid. Det föreligger en risk om nätet, efter ett stort elavbrott, inte spänningssätts tillräckligt snabbt. Om det tar mer än 3-12 timmar att spänningssätta nätet riskerar man att förlora kommunikationen med nätstationerna eftersom batterireserverna endast har en uthållighet på 3-12 timmar. Förloras kommunikationen med nätstationerna kommer det vara mycket svårt att kontrollera återupbyggnaden av systemdriften.

Att störningsreserven i stor utsträckning förlorar funktionaliteten att frekvensreglera nätet innebär även det inskränkningar i beredskapsnyttan. Gasturbinernas möjlighet att bidra i frekvensregleringen kan i dag användas vid ö-drift för att skapa systemstabilitet i delar av nätet som isolerats. Förbrukningsreduktionen inom industrin som undersökts i den här studien kan i dagsläget inte erbjuda denna funktion. De industriella processerna som är aktuella för förbrukningsreduktion är för känsliga och för integrerade med den övriga produktionen för att det ska vara möjligt att automatisera regleringen. I de fall förbrukningsreduktionen ligger inom ö-driftområdet kan de användas för grovreglering av nätet möjligheterna till frekvensreglering förloras. De avkopplingsbara lasterna skulle sannolikt kunna erbjuda frekvensreglering då de redan i dag kan erbjuda underfrekvensaktivering. Det har dock inte undersökts vidare i denna studie och därför kan man heller inte dra de slutsatserna. Bortsett från dessa inskränkningar på beredskapsnyttan erbjuder förbrukningsreduktion samma funktion som dagens snabba aktiva störningsreserv bestående av gasturbiner.

Syftet med den här studien har varit att undersöka förbrukningsreduktion som ett alternativ till gasturbiner som snabb aktiv störningsreserv. Ovan har diskuterats vilka funktioner som skulle gå förlorade om gasturbinerna ersattes av förbrukningsreduktion. Nedan följer en diskussion om huruvida den tekniska potentialen och tillgängligheten av förbrukningsreduktion är tillräcklig för att faktiskt ersätta gasturbinerna med förbrukningsreduktion.

Den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion som uppfyller kraven för att delta i den snabba aktiva störningsreserven redovisas i avsnitt 7.4 diagram 28. Diagrammet indikerar att den totala tillgängligheten för förbrukningsreduktion är relativt jämt spridd över året och att den under 2012 hade varit mer än tillräcklig för att hantera alla aktiveringar av den snabba aktiva störningsreserven som redovisas i diagram 1, i alla fall storleksmässigt och uthållighetsmässigt. Alla beordrade starter av gasturbinerna, över 200 MWh, har gjorts i elområde 4 av turbinerna i Halmstad. Som nämnts i avsnitt 5.4.6 så har

kontrollrummet ofta valt att aktivera gasturbinen i Halmstad eftersom de har den enskilt största installerade effekten och att anläggningen är en av de modernaste med högst tillgänglighet. Den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion är dock i stor grad lokaliserad till elområde 3 och därför är det inte säkert huruvida den kunnat avhjälpa störningen eller inte. Eftersom de beordrade starterna av gasturbinerna i alla fall utom ett skett på grund av balansskäl och inte nätskäl i snitt 4 är det sannolikt att aktiveringen lika gärna kunde ha skett i elområde 3 och därför lika gärna kunde ha avhjälpas med förbrukningsreduktion. Endast en av störningarna som avhjälpes under år 2012 berodde på överföringsbegränsningar i snitt 4 vilket tvunget kräver aktiveringar av reserver i elområde 4. Därför är det sannolikt att alla utom en störning lika gärna kunde ha avhjälpas med förbrukningsreduktion från elområde 3. Samtliga aktiveringar som gjordes på grund av underfrekvensstarter skedde i elområde 3 och kunde därför ha ersatts av manuell aktiverad förbrukningsreduktion i detta område. Därmed hade troligtvis alla utom en beordrad start 2012 kunnat ersättas med hjälp av förbrukningsreduktionen i den tekniska potentialen.

En avgörande skillnad mellan förbrukningsreduktion och gasturbiner ligger i uthålligheten och vilotiden hos resurserna. Gasturbinerna har, som nämns i avsnitt 6.1.5, en uthållighet på 100 timmar och ingen vilotid. Den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion som identifierats i den här studien har en uthållighet och vilotid som redovisas i diagram 30 i avsnitt 7.4. Skillnaden i uthållighet och vilotid är mycket stor och majoriteten av den tekniska potentialen kan endast erbjuda 2-3 timmar uthållighet. Som nämnts tidigare är det möjligt att förlänga uthålligheten hos förbrukningsreduktionsbud genom att kombinera flera bud till så kallade blockbud. Den tekniska potential som identifierats i den här studien är dock för begränsad för att det i praktiken skulle vara möjligt om man fortfarande vill hantera det dimensionerande felet i elområde 3. I princip så skulle förbrukarna som identifierats i den här studien kunna erbjuda en uthållig förbrukningsreduktion på 300 MW där förbrukade bud hela tiden ersattes av nya. Det skulle i teorin vara möjligt men för att det i praktiken ska fungera krävs en välutvecklad marknad med stor likviditet. Alternativet skulle vara att man reserverar hela potentialen på 850 MW för att sedan portionera ut den 300 MW i taget. På en marknad med fast ersättning skulle denna manöver betyda att den fasta kostnaden för att reservera resurser skulle trefaldigas eftersom 3 gånger så många MW skulle behöva reserveras för att hantera det dimensionerandefelet. För att ersätta gasturbinerna fordra en likvid, välutvecklad och flexibel marknad för förbrukningsreduktion vilket inte föreligger för närvarande.

Om man studerar hur körningarna av gasturbinerna såg ut år 2012 framgår det att störningsreserven aldrig var aktiverade mer än 3 timmar i följd och tiden mellan körningar i samtliga fall var längre än vilotiden för den tekniska potentialen. Därav kan man inte säga att förbrukningsreduktion kan ersätta gasturbinerna utan att kraven för uthållighet och vilotid måste definieras tydligare eftersom de har avgörande betydelse för hur förbrukningsreduktion kan fungera som snabb aktiv störningsreserv. Är det rimligt och nödvändigt att den snabba aktiva störningsreserven ska ha 100 timmars uthållighet och ingen vilotid?

Eftersom ett dimensionerande fel i elnätet kan inträffa när som helst så måste den snabba aktiva störningsreserven alltid finnas tillgänglig för aktivering. Tillgängligheten av förbrukningsreduktion som uppfyller kraven för snabb aktiv störningsreserv är totalt sett jämn över året (diagram 28). Tittar man på enstaka anläggningar inom industrin har samtliga både oplanerade tillfälliga stopp och långa planerade stopp. Tillgängligheten för

förbrukningsreduktion är därför aldrig 100 % hos enskilda anläggningar utan det är först när flera anläggningar adderas som tillgängligheten blir jämnare. En hög likviditet på marknaden för förbrukningsreduktion är därför en förutsättning för att kunna erbjuda en 100 % tillgänglighet av för en fastställd volym förbrukningsreduktion.

Tillgängligheten påverkas förutom av likviditeten på marknaden även av elpriset och konjunkturen vilket är två parametrar som inte går att kontrollera. Diagram 29 i avsnitt 7.4 indikerar vid vilket elpris som tillgängligheten i den tekniska potentialen kommer påverkas. Som framgår kommer mer än halva den tekniska potentialen vara otillgänglig vid ett elpris på 2 000 kr/MWh. Industrierna använder sig i de flesta fallen av blockbud så det krävs att flera timmar i följd har höga elpriser för att förbrukningen ska reduceras. Trots det är priskänsligheten för el ett hinder mot införandet av förbrukningsreduktion som snabb aktiv störningsreserv eftersom tillgänglig volym kan bli liten vid höga elpriser. Hög- och lågkonjunktur påverkar även tillgängligheten av förbrukningsreduktion eftersom driften av anläggningarna är helt beroende av orderingången och i förlängningen konjunkturen. Vid en stor konjunkturedgång, som en finanskris, skulle därför tillgängligheten av förbrukningsreduktion kunna påverkas negativt på grund av att anläggningar förändrar sitt förbrukningsmönster. Eftersom olika branscher ofta drabbas olika hårt av konjunkturedgångar bör det vara en fördel att ha en stor spridning av förbrukare som kan erbjuda förbrukningsreduktion. Den tekniska potential som identifierats i den här studien domineras helt av massa- och pappersindustrin och kan därför antas vara extra känslig för lågkonjunkturer som drabbar denna bransch.

I enlighet med Paulus et al (2011) så visar den här studien att förbrukningsreduktion är olämplig att upphandlas med långtidskontrakt liknande de som används i effektreserven eftersom industrin inte säkert kan prognostisera sin förbrukning mer än max en vecka framåt i tiden. Dessutom köper alla anläggningar el via prisberoendebud varpå förbrukningsprognosen och tillgängligheten kan ändras med en dags varsel. Längre bindningstid innebär därför mindre förbrukningsreduktionsbud eftersom industrin tvingas gardera sig för tillfälliga nedgångar i produktionen, höga elpriser och förändringar i orderingången. Genom att använda en kort bindningstid får man alltså tillgång till en större del av den tekniska potentialen. Heldemar (2013) menar även att kostnaden för förbrukningsreduktionen bli lägre med en kortare bindningstid och upphandlingstid eftersom riskerna att göra reduceringar av förbrukningen blir mer överskådliga. Detta gäller kanske framförallt resurser där det finns en buffert som möjliggör förbrukningsreduktionen. Bufferten kan ju variera upp och ner beroende på produktionsakten och därför varierar även möjligheten till förbrukningsreduktion och kostnaden.

Kostnaden för att investera i nya gasturbiner jämförs i avsnitt 7.5 med kostnaden att reservera kapacitet hos förbrukare. Jämförelsen visar att förbrukningsreduktion skulle vara ett billigare alternativ än att investera i nya gasturbiner. Det beror på att nya gasturbiner innebär omfattande investeringar medan förbrukningsreduktion endast fordrar begränsade investeringar ex. för realtidsmätning. De fasta kostnaderna som i ena fallet blir ersättning till industrin och i andra fallet utgör kostnader för att driva gasturbinerna är betydligt lägre för gasturbinerna per MWh/år medan den rörliga kostnaden är av samma storleksordning. Om upphandlingen av reserven sker med kortare avtalstid finns det kanske möjlighet att få ner de fastakostnaderna för förbrukningsreduktionen.

Förutom att förbrukningsreduktion är billigare än gasturbiner så är den även ett bättre alternativ för miljön. Frågan har inte undersökts så noggrant i den här studien men det är uppenbart att det har en positiv inverkan på utsläppet av växthusgaser och andra miljöfarliga ämnen i fall man istället för att producera minskar förbrukningen. Att använda förbrukningsreduktion från industrin som snabb aktiv störningsreserv har ett nollbidrag till utsläpp då de egentligen endast flyttar förbrukningen från ett tillfälle till ett annat.

Avkopplingsbara laster undersöks ytligt i den här studien men de framstår som ett intressant alternativ till förbrukningsreduktion inom industrin eftersom både nödvändig utrustning och avtal för förbrukningsfrånkoppling redan finns på plats. Ett problem är att nätägarna som slutit avtal med förbrukarna enligt ellagen inte får göra kraftaffärer på elbörsen och därför heller inte kan bjuda ut resurserna till en snabb aktiv störningsreserv. Förbrukarna skulle däremot själva kunna lämna in bud till en eventuell störnings reserv eller i de fall de har mindre förbrukning än 5 MW låta en aggregator sköta den tjänsten. Ett annat problem är att förbrukningen i de avkopplingsbara lasterna varierar kraftigt och därför är det svårt att veta hur mycket förbrukningsreduktion som kan erbjudas från dag till dag. Kostnadsmässigt ligger de avkopplingsbara lasterna fördelaktigt till och skulle vara intressanta att undersöka vidare.

I inledningen av det här arbetet argumenteras att eftersom förbrukningsreduktion redan används i effektreserven finns det inga uppenbara hinder för att den inte skulle kunna användas i snabb aktiv störningsreserv. Det finns dock en grundläggande skillnad mellan dessa två reserver som blir uppenbar när man diskuterar förbrukningsreduktion. Effektreserven finns för att vid effektbrist i elnätet ge ett incitament för förbrukarsidan att bidra med förbrukningsreduktion och på så vis förhindra avkortningssituationer där utbud och efterfrågan inte möts på elbörsen. Effektreservens funktion påverkas därför inte om förbrukare blir avropade på Elspot och drar ner sin förbrukning och inte hamnar på reglermarknaden. Förbrukningen är reducerad och bidrar därför till att motverka effektbrist. Den snabba aktiva störningsreserven ska däremot alltid finnas tillgänglig och förbrukare som drar ner sin förbrukning på grund av elpriset eller någon annan anledning kan inte längre bidra till reserven.

Den tekniska potential som identifierats i den här studien bedöms inte vara tillräcklig för att ersätta gasturbinerna som snabb aktiv störningsreserv och samtidigt bevara dagens uthållighet och vilotid hos reserven. Däremot skulle förbrukningsreduktion kunna användas för att ersätta enstaka gasturbiner istället för att investera i nya. Studien visar att en del av funktionaliteten som finns hos dagens gasturbiner kommer att förloras om de ersätts med förbrukningsreduktion vilket framförallt kommer påverka beredskapsnyttan. Som diskuterats finns det dock en del hinder mot att införa förbrukningsreduktion som en snabb aktiv störningsreserv. Ett primärt hinder är den elintensiva industrins känslighet för höga elpriser. Kraven på uthållighet och vilotid som finns på reserven måste också tydliggöras för att bedöma möjligheter för marknadslösningar. De styrkor som finns med förbrukningsreduktion är att det är miljövänligt och billigt jämfört med att investera i nya gasturbiner.

9 Slutsatser

I detta avsnitt presenteras slutsatserna av denna studie. Detta kommer göras genom att besvara det syfte och frågeställningar som presenterades i studiens inledning, avsnitt 1.3. Slutligen ges förslag på hur studiens resultat och slutsatser skulle kunna användas för vidare studier samt en kortare diskussion som behandlar studiens trovärdighet.

Den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion som uppfyller kraven för att delta som snabb aktiv störningsreserv har identifierats i den här studien och uppgick 2012 i snitt till 750 MW i elområde 3 och 98 MW i elområde 4. Huvuddelen av den potentialen kommer från skogsindustrin och framförallt från de mekaniska bruken medan kemikalieindustrin, stålindustrin och avkopplingsbara laster står för mindre delar av potentialen.

Den effektmässiga storleken av den tekniska potentialen uppfyller precis kravenet för lokalisering till elområde 3 medan kravet för elområde 4 på 700 MW är långt ifrån uppfyllt. Storleksmässigt är det därför inte möjligt att ersätta alla gasturbinerna med förbrukningsreduktion men det finns möjlighet att till viss del ersätta gasturbinerna. Beroende på vilken uthållighet som krävs i reserven kan man ersätta från 300 MW gasturbiner med förbrukningsreduktion.

Genom att ersätta gasturbiner med förbrukningsreduktion skulle man förlora delar av funktionaliteten hos den snabba aktiva störningsreserven vilket skulle innebära inskränkningar i beredskapsnyttan. Funktioner som dödnätsstart och ö-drift skulle förloras i de fall gasturbiner ersätts med förbrukningsreduktion.

Kraven för att delta som snabb aktiv störningsreserv uppfylls av hela den tekniska potentialen som beskrivs ovan. Däremot är det tveksamt om förbrukningsreduktionen tillsammans erbjuder en tillräckligt likvid marknad och därmed uthållighet för att fungera som snabb aktiv störningsreserv. För att besvara den frågan skulle kraven på uthållighet och vilotid behöva definieras tydligare än de gjort i den här studien. Det kan dock konstateras att om förbrukningsreduktion ska erbjuda en liknande uthållighet som gasturbinerna begränsas den effektmässiga storleken till cirka 300 MW.

För att få tillgång till hela den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion måste upphandlingen av reserven göras med kort framförhållning. Anledningen till detta är att förbrukare inte kan prognostisera sin förbrukning och möjlighet till förbrukningsreduktion mer än en dag framåt i tiden. Genom att använda en kort upphandlingstid frigörs därför en större del av den tekniska potentialen. En kortare upphandlingstid bidrar sannolikt även till lägre priser för förbrukningsreduktion.

Ett hot mot tillgängligheten av förbrukningsreduktion har identifierats i industrins känslighet för höga elpriser. Studien visar att hälften av den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion skulle försvinna vid elpriser på 2 000 kr/MWh. Det är potentiellt ett hinder mot införandet av förbrukningsreduktion som snabb aktiv störningsreserv som måste undersökas ytterligare.

Totalt sett framstår förbrukningsreduktion som ett tänkbart alternativ till gasturbiner som snabb aktiv störningsreserv. Kostnadsmässigt visar även en jämförelse att förbrukningsreduktion är ett mer kostnadseffektivt alternativ än att investera i nya gasturbiner.

9.1 Rekommendationer

Den här studien har undersökt den tekniska och ekonomiska potentialen för förbrukningsreduktion i ett segment av den svenska markanden. Resultatet visar att tillgängligheten av förbrukningsreduktion som uppfyller kraven för att delta i den snabba aktiva störningsreserven är betydande. En kostnadsjämförelse visar också att förbrukningsreduktion skulle vara ett mer kostandseffektivt alternativ till nya gasturbiner och därför är det intressant att undersöka alternativet ytterligare.

För att överhuvudtaget kunna introducera förbrukningsreduktion som en snabb aktiv störningsreserv måste någon form av marknadslösning utformas. Den här studien snuddar vid betalningslösningar och upphandlingstid för reserven men ämnet skulle behöva utredas på djupet innan det är möjligt att lansera en reserv bestående av förbrukningsreduktion.

Ett hinder mot att använda förbrukningsreduktion som snabb aktiv störningsreserv som identifieras i denna studie är industrins känslighet för höga elpriser. Innan man kan gå vidare och introducera förbrukningsreduktion som snabb aktiv störningsreserv borde man därför utreda ytterligare hur ofta och i vilken utsträckning elpriset faktiskt påverkar tillgängligheten av förbrukningsreduktion. Samt även avgöra vad som är en accepterbar påverkningsgrad.

För att ytterligare undersöka potentialen på den svenska markande skulle det vara intressant att generalisera den här studiens resultat på resten av den svenska industrin. Genom att kontakta branschorganisationer och samla in förbrukningsdata skulle det relativt enkelt gå att skala upp resultatet av den här studien på den resterande delen av pappers-, stål- och kemikalieindustrin. Det skulle ge en uppskattning av vilken teknisk potential det i helhet finns inom dessa branscher.

9.2 Studiens rimlighet

Uppskattningen av den tekniska potentialen för förbrukningsreduktion har gjorts genom att använda en beprövad metod på ett nytt sätt. Informationen om produktionsmönster och produktionsprocesser som insamlats via intervjuer har sammanfogats med förbrukningsdata. Resultatet blir en helhetsbild över tillgängligheten av förbrukningsreduktion över året. Trots att metoden är tidigare obeprövad anses den ge en tydligare helhetsbild eftersom den kombinerar förbrukningsstatistik med information från förstahandskällor vilket borde ge ett trovärdigare resultat.

En brist som förekommer i den här studien och även i andra liknande studier är uppskattningen av marknadspotentialen. Marknadspotentialen är, som nämns i 3.1, den delen av den ekonomiska och tekniska potentialen som skulle realiseras givet ett visst förbrukningsreduktionsprogram. Det finns uppenbara svårigheter i att uppskatta kunddeltagandet och kunders acceptanskurva för ett förbrukningsreduktionsprogram. Den tekniska och ekonomiska potentialen blir därför omöjlig att värdera vilket gör det svårt att veta vilken betydelse dessa siffror faktiskt har. Problematiken behandlas inte i den här studien utan slutsatser och rekommendationer utgår helt och hållet från den teknisk och den ekonomiska potentialen.

10 Referenslista

10.1 Primärdata

- Allén. B. (2013-12-17). Preem. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Andersson. R. (2013-11-11). Holmen Energi. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Andersson. R. (2013-12-16). Holmen Energi. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Axelsson. H. (2013-11-07). Jernkontoret. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Bengtsson. S. (2013-12-10). Outokumpu AB. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Bäck. C. (2013-11-05). Svenska kraftnät. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Heldemar. A. (2013-11-06). Stora Enso. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Heldemar. A. (2013-12-16). Stora Enso. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Karlström. L. (2013-10-29). Svenska kraftnät. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Lund. A. (2013-12-12). Ovako Bar AB. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Nordmark. S. (2013-11-13). Vargön Alloys AB. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Nyberg. J. (2014-01-14). Svenska kraftnät. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Nylander. E. (2013-12-10). Outokumpu AB. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Olsson. K. (2013-11-13). INEOS Sverige AB. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Schönström. J. (2013-11-06). Billerud Korsnäs AB. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Schönström. J. (2013-12-16). Billerud Korsnäs AB. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Spets. R. (2013-11-14). Borealis AB. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg
- Westberg. A. (2013-09-21). Svenska kraftnät. (J. Alterbeck, intervjuare) Sundbyberg

10.2 Sekundärdata

10.2.1 Publikationer

- Andersson. A., & Andersson. D. (2013) *Utmaningar för den nordiska elmarknaden*. Eskilstuna, Statens Energimyndighet
- Bang. C., Fock. F., & Togeby. (2012) *The existing Nordic regulation market*. Ea Energy Analysis
- Bryman. A., & Bell. E. (2007). *Business research methods*. Oxford. Oxford University Press

- Cronholm. L., Forsberg. M., & Stenkvisst. M. (2006). *Studie av effektreduktioner hos mellanstora elkunder*. Elforsk
- Damsgaard. N., & Fritz. P. (2006). *Affärsmodeller för ökad efterfrågerespons på elmarknaden*. Elforsk
- Eliasson, A. (2006). *Kvantitativ metod från början*. Lund. Studentlitteratur
- ENTSO-E. (2006). *Systemdriftsavtal*. Sundbyberg. ENTSO-E
- Fritz. P. (2007). *Effektkapacitet hos kunderna*. Elforsk
- Fritz. P., & Holmen. S. (2013). *Förutsättningar och drivkrafter för olika typer av elkunder att justera förbrukningsmönster och minska sin elförbrukning idag och i framtiden*. Stockholm. Sweco
- Gillham. B. (2005). *Research Interviewing: the range of techniques*. Buckingham. Open University Press
- Haberberg. A. (2000). *Swatting SWOT*. Strategy
- Hamel. G., & Prahalad. C.K. (1993). *Strategy as stretch and leverage*. Harvard Business review
- Hansson. J., Birke. A., & Börresen. S m.fl. (2013). *Providing flexibility with a virtual power plant*. Köpenhamn. European Commision
- Jacobsen. D. I. (2002). *Vad, hur och varför? Om metodval i företagsekonomi och andra samhällsvetenskapliga ämnen*. Lund: Studentlitteratur
- Lantz. A. (2012). *Intervjumetodik*. Lund. Studentlitteratur
- Markovska. N., Taseska. V., & Pop-Jordanov. (2009). *SWOT analyses of the national energy sector for sustainable energy development*. Macedonia. Energy
- NASA Aeronautics and space administration. (2007). *System Engineering Handbok*, Washington. NASA Aeronautics and space administration
- Nylén. P. (2011). *Utnyttjande av styrbara laster för systemdriftstjänster*. Stockholm. Elforsk
- Panagiotou. G., & van Wuijne. R. (2005). *The "telescopic obsevation" framework: an attainable strategic tool*. London Metropolitan University. London
- Paulus. M., & Borggreffe. F. (2011). *The potential of demand-side management in energy-intensive industries in Germany*. University of Cologne
- Svenska kraftnät. (2000). *Föreskrifter om ändring av Affärsverket Svenska kraftnäts föreskrifter (SvKFS 1997:1) för anmälan enligt 6 och 7 §§ elberedskapslagen (1997:288)*. Vällingby. Svenska kraftnät
- Svenska kraftnät. (2010) *Faktablad om reglerobjekt*. Sundbyberg. Svenska kraftnät
- Svenska kraftnät. (2011) *Störningsreserv- livslängd och tillgänglighet*. Sundbyberg, Svenska kraftnät

Svenska kraftnät. (2013).

a) *Störningsreservens långsiktiga hantering*. Sundbyberg. Svenska kraftnät

b) *Effektreserven*. Sundbyberg. Svenska kraftnät

c) *Välkommen att delta i landets elbalans*. Sundbyberg. Svenska kraftnät

Tengqvist. C. (2011). *Förbrukningsreduktion på reglerkraftmarknaden*. Sundbyberg. Svenska kraftnät

The National Grid Company plc. (2001). *An introduction to black start*. Oklart. The national Grid Company plc

10.2.2 Internet källor

Dalakraft. (2013). *Så fungerar elmarknaden*. Hämtad från:
<https://www.dalakraft.se/elmarknaden/sa-fungerar-elmarknaden> 2013-12-29

Elforsk. (2013). *Balansreglering i det synkrona nordiska kraftsystemet*. Hämtad från:
<http://www.elforsk.se/Global/SVC/SVC-dagarna%202012/presentationer/Back.pdf>
2013-11-11

Energimarknadsinspektionen. (2013). *Elnätets balans och systemoperatörer*. Hämtad från:
<http://www.energimarknadsinspektionen.se/sv/el/elmarknader-och-elhandel/elnatets-balans-och-systemoperatorer/> 2013-09-05

Expowera. (2013). *Annuitetsmetoden*. Hämtad från:
http://www.expowera.se/mentor/ekonomi/kalkylering_investering_annuitet_tabc.htm
2013-12-11

Fortum.(2013) *Prislistor regionnät*. Hämtad från:
<http://www.fortum.com/countries/se/foretag/elnat/elnatpriser/prislistor-regionnat/stockholm/pages/default.aspx> (2014-01-08)

Nordpool. (2013). *Intraday market*. Hämtad från: <http://www.nordpoolspot.com/How-does-it-work/Intraday-market-Elbas/> 2013-11-11

Notisum. (2014). *Ellagen*. Hämtad från:
<http://www.notisum.se/rnp/sls/lag/19970857.htm> (2014-01-11)

Svensk Energi. (2013).

A) *Elmarknadshandboken*. Hämtad från:
<http://www.svenskenergi.se/elmarknadshandboken/Dokumentation/Texter/NEMHB.pdf>
2013-11-08

B) *Elproduktion med god klimatprestanda*. Hämtad från:
<http://www.svenskenergi.se/Elfakta/Elproduktion/> 2013-12-28

C) *Elåret & Verksamheten 2012*. Hämtad från:
http://www.svenskenergi.se/Global/Statistik/El%C3%A5ret/Sv%20Energi_el%C3%A5ret2012_web.pdf 2013-12-28

Svenska kraftnät. (2013).

A) *Systemansvar*. Hämtad från: <http://svk.se/Om-oss/Var-verksamhet/Systemansvar/> 2013-09-05

B) *Miljöpolicy*. Hämtad från: <http://svk.se/Miljo/Sa-arbetar-vi/Miljomal-och-policy/> 2013-10-15

C) *Elområden*. Hämtad från: <http://www.svk.se/energimarknaden/el/Elomraden/> 2013-11-08

D) *Svenska kraftnäts införande av LFC*. Hämtad från: <http://www.svk.se/PageFiles/51254/Inforande-av-LFC.pdf> 2013-12-29

E) *Affärsverket Svenska kraftnäts författningssamling*. Hämtad från: http://svk.se/Global/07_Tekniska_krav/Pdf/Foreskrifter/SvKFS1-2012-webb.pdf 2014-01-07