

Vattenkraftens reglerbidrag och värde för elsystemet

Rapport från Energimyndigheten, Svenska kraftnät och
Havs- och vattenmyndigheten

ER 2016:11

Böcker och rapporter utgivna av Statens
energimyndighet kan beställas via
www.energimyndigheten.se
Orderfax: 08-505 933 99
e-post: energimyndigheten@cm.se

© Statens energimyndighet

ER 2016:11

ISSN 1403-1892

Förord

I denna rapport beskrivs metoden *relativt reglerbidrag* som ett sätt att kvantifiera enskilda vattenkraftsanläggningars bidrag till balanseringen av elsystemet.

Vattenkraften säkerställer genom sin flexibilitet och unika förmåga att lagra vatten i magasin att elproduktion finns tillgänglig när den behövs. Vattenkraften möjliggör därför att stora mängder icke-planerbar och förnybar energi från t.ex. vind- och solkraft kan komma elsystemet till godo.

Rapporten innehåller beräkningar av det relativa reglerbidraget från vattenkraften och en klassificering av svenska vattenkraftverk för att bedöma dess samhällsnytta från ett energiperspektiv.

Resultatet är framtaget med syfte att vara ett fördjupat stöd till länsstyrelsernas och vattenmyndigheternas arbete med att bedöma om en vattenförekomst som påverkas av vattenkraftsanläggning ska förklaras som kraftigt modifierat vatten, KMV, samt i arbete med att besluta om vattenförekomstens miljö kvalitetsnormer (HaV 2016-06-02).

Arbetet har utförts gemensamt av Energimyndigheten, Svenska kraftnät och Havs- och vattenmyndigheten.

Rapportens resultat och bedömningar grundar sig på nuvarande kunskapsläge och bedömning av den framtida utvecklingen.



Erik Brandsma

Generaldirektör

Energimyndigheten



Mikael Odenberg

Generaldirektör

Svenska kraftnät



Jakob Granit

Generaldirektör

Havs- och
vattenmyndigheten

Sammanfattning

Energimyndigheten och Havs- och vattenmyndigheten presenterade 2014 ett förslag till en strategi för avvägning mellan vattenkraft och vattenmiljö uttryckt som ett begränsande planeringsmål för miljöförbättrande åtgärder i vattenkraftverk på högst 2,3 procent av vattenkraftens normalårsproduktion samt ingen väsentlig påverkan på balans- och reglerkraft. Den här rapporten är en vidareutveckling av det arbetet och fokuserar på den samhällsnytta som skapas av vattenkraftens reglerbidrag i elsystemet.

Syftet med rapporten är att vara ett fördjupat stöd till vattenmyndigheterna och länsstyrelserna i deras arbete med att förklara en vattenförekomst som kraftigt modifierat vatten, KMV, samt i arbete med att besluta om vattenförekomstens miljö kvalitetsnormer. En vattenförekomst kan förklaras som KMV om god status inte kan nås på grund av fysisk påverkan och om orsaken är en verksamhet som är samhällsekonomiskt viktig och som inte kan fås på annat sätt som är bättre för miljön.

I denna rapport kategoriseras vattenkraftverk utifrån tre klasser. Klass ett innehåller ca 255 kraftverk med högst bidrag till reglerkraften. Bedömningen i den här cykeln av vattenförvaltningen är att en reduktion av reglerförmågan vid dessa anläggningar bör undvikas för att behålla den samhällsnytta som denna innebär. Det kan dock finnas fall där miljökrav i annan lagstiftning, t.ex. Art- och habitatdirektivet, kan medföra att åtgärder med påverkan på reglerbidraget ändå måste vidtas även vid dessa anläggningar. En bedömning krävs för varje enskild vattenförekomst enligt Vattenförvaltningsförordningen.

I klass två ingår ca 78 kraftverk. Även här råder viss presumtion för att åtgärder som leder till försämrade reglerförmåga innebär betydande påverkan på den samhällsviktiga verksamheten som reglering och balansering är. Det är inte givet att samhällsnyttan kraftverket bidrar med inte kan nås på ett för miljön bättre sätt. Det kan därför vara aktuellt att undersöka utförligt hur stor miljönytta olika åtgärder skulle leda till och hur stor påverkan dessa kan antas ha på reglerbidraget.

I klass tre hamnar ca 1700 anläggningar med ett så litet reglerbidrag att det inte bör ligga till grund för KMV eller mindre stränga krav.

För att värdera en anläggnings betydelse används *relativt reglerbidrag*¹. Det är ett mått som beskriver hur elproduktionen i ett specifikt vattenkraftverk följer nettoanvändningen, residuallasten. I den här rapporten definieras residuallasten som differensen mellan elanvändning och elproduktion från vind- och solkraft.

¹ Relative balancing contribution of hydropower plants and rivers, Joakim Lönnberg, Johan Bladh, 2015-11-23, rev 2.

Tabell 1 En sammanställning av antal vattenkraftverk, andel installerad effekt från vattenkraft, andel av reglerbidraget och andel av totalt antal kraftverk uppdelat per klass.

Klass	1			2			3			
Antal vattenkraftverk (st)	255			78			1667			
Andel av installerad effekt från vattenkraft (%)	98			1,3			0,7			
Andel av totalt antal kraftverk* (%)	12,8			3,9			83,3			
	<i>Antal dygn</i>	<i>365</i>	<i>28</i>	<i>1</i>	<i>365</i>	<i>28</i>	<i>1</i>	<i>365</i>	<i>28</i>	<i>1</i>
Andel av reglerbidraget (%)²	98,3	97,9	98,0	3,1	0,9	0,4	1,1	0,4	0,1	

* Det totala antalet kraftverk är ca 2000 stycken.

² Värderna för de tre tidssnitten 365 dygn, 28 dygn respektive 1 dygn för åren 2009-2014. Summan av reglerbidraget kan överstiga 100 % på grund av export av el från Sverige.

Innehåll

Sammanfattning	4
Innehåll	6
1 Inledning	7
1.1 Syfte och mål	7
1.2 Bakgrund.....	8
1.3 Avgränsningar.....	9
1.4 Definitioner.....	9
2 Vattenkraftens reglerbidrag och dess betydelse	9
3 Bedömning av reglerbidrag	11
3.1 Måttet det relativa reglerbidraget.....	12
3.2 Måttet det relativa reglerbidraget har begränsningar	15
4 Beräkningar och känslighetsanalys	15
4.1 Beräkning av det relativa reglerbidraget för svenska vattenkraftverk.....	15
4.2 Känslighetsanalys	16
4.3 Planeringsmålet i förslag till strategi för åtgärder inom vattenkraften	28
5 Slutsatser	31
5.1 Betydande påverkan på reglerbidraget	31
5.2 Gränsdragning.....	32
Litteraturförteckning	37
Bilaga Kraftverk i klass 1 och 2	38
Kraftverk i klass 1, med ett relativt reglerbidrag på 0,03 procent eller högre	38
Kraftverk i klass 2, med relativt reglerbidrag på 0,01 procent eller högre, men lägre än 0,03 procent.....	46

1 Inledning

Havs- och vattenmyndigheten och Energimyndigheten redovisade sommaren 2014 ett förslag till en gemensam strategi för avvägning mellan energi- och miljömål³. Syftet var att ta fram en nationell strategi med förslag på åtgärder som minskar vattenkraftens miljöpåverkan och samtidigt ger möjlighet till en elproduktion som kan anpassas till framtida effekt- och energibehov. De indikatorer som användes för att värdera vattenkraften var reglerbidrag⁴, effekt och produktion.

I juni 2015 publicerade Havs- och vattenmyndigheten en övergripande vägledning som ska fungera som en praktisk handledning för de handläggare/expertter som kommer att arbeta med bedömningsförfarandet för kraftigt modifierade vatten (KMV). Vägledningen är även användbar för verksamhetsutövare vars verksamhet ligger i en vattenförekomst som förklarats som kraftigt modifierad och som blir berörda av de åtgärder som fastställs som rimliga för att nå miljökvalitetsnormen god ekologisk potential. I juni 2016 kompletterades den övergripande vägledningen med en specifik vägledning för KMV med tillämpning på vattenförekomster med vattenkraft.

Svenska kraftnät och Energimyndigheten förordar det relativa reglerbidraget som metod för beräkning och bedömning av enskilda vattenkraftverks reglerbidrag. Metoden redovisas i denna rapport. Utifrån det enskilda reglerbidraget bedöms vattenkraftverkens betydelse för elsystemet. Denna rapport är ett fördjupat stöd till länsstyrelsernas och vattenmyndigheternas arbete med att bedöma om en vattenförekomst som påverkas av vattenkraftsanläggning ska förklaras som KMV samt i arbete med att besluta om vattenförekomstens miljökvalitetsnormer (HaV 2016-06-02).

1.1 Syfte och mål

Målet med denna rapport är att bidra till att beskriva reglerbidraget, en av samhällsnyttorna som ska tas med i avvägningen vid förklarande av KMV och vid fastställande av miljökvalitetsnormer. Resultaten av genomförda beräkningar och hur dessa är tänkta att användas redovisas i denna rapport.

Vid utpekande av KMV görs bedömningar i olika steg. Dessa beskrivs närmare i Havs- och vattenmyndighetens vägledningar för kraftigt modifierade vatten⁵. Syftet med denna rapport är att den ska kunna fungera som stöd till vattenmyndigheterna vid bedömning i några av dessa steg. Framförallt vid bedömningen av om åtgärderna för att uppnå god ekologisk status leder till en betydande påverkan på vattenkraften och energisystemet i sin helhet. Samt vid

³ HaV:s rapport 2014:14 Strategi för åtgärder i vattenkraften

⁴ Den metod som då användes var älvens genomsnittliga regleringsgrad x medelflöde i älvens mynning vid havet.

⁵ HaV 2015:9, HaV 2016-06-02

bedömning av om nyttan som verksamheten uppfyller kan uppnås på annat sätt som är bättre för miljön.

Syftet är också att rapporten ska fungera som ett fördjupat stöd till vattenmyndigheterna i arbetet med att fastställa miljö kvalitetsnormer och om det finns skäl att besluta om undantag.

Vattenförvaltningsarbetet genomförs i sexårscykler. Det innebär att översyn av vilka vattenförekomster som ska vara KMV och vilka normer dessa har kommer att göras minst vart sjätte år. Hänsyn tas då till eventuella förändringar av vattenkraftens bidrag till regleringen.

Målgruppen för rapporten är i första hand de handläggare hos Länsstyrelserna och Vattenmyndigheterna som arbetar med vattenförvaltningen.

1.2 Bakgrund

Vattenmyndigheterna får besluta om en vattenförekomst ska vara ett KMV och det är också de som fastställer miljö kvalitetsnormerna. Det är 4 kapitlet i Förordning (2004:660) om förvaltning av kvaliteten på vattenmiljön (vattenförvaltningsförordningen, VFF) som reglerar fastställande av kraftigt modifierade vatten och undantag. En vattenförekomst kan endast fastställas som KMV om god status inte kan nås på grund av fysisk påverkan och om orsaken är en verksamhet som är samhällsekonomiskt viktig och som inte kan fås på annat sätt som är bättre för miljön.

Vid fastställande av miljö kvalitetsnormer får vattenmyndigheterna besluta om undantag från att nå god status eller potential. Undantag i form av ett lägre satt mål får beslutas om det är omöjligt eller medför orimliga kostnader att uppnå god status eller potential. Samt om orsaken till att vattenförekomsten inte kan nå god status eller potential på grund av verksamheter vars miljömässiga och samhälls-ekonomiska behov inte kan fyllas på några andra sätt som skulle vara betydligt bättre för miljön utan att det medför orimliga kostnader.

För KMV och vid mindre stränga krav ska alla för vattenmiljön relevanta åtgärder som inte har betydande påverkan på verksamheten genomföras. Ingen försämring är tillåten.

Det finns inga krav på att en vattenförekomst ska vara KMV eller att ett undantag ska fastställas även om förutsättningarna för detta finns. Det är viktigt att komma ihåg att betydande påverkan på verksamheten bedöms utifrån ett nationellt perspektiv men KMV och miljö kvalitetsnormer beslutas per vattenförekomst. Detta har inte gjorts vid tidigare bedömningar. Det samlade utfallet i denna avvägningsprocess är viktig och kräver att det under arbetets gång förs ett resonemang kring vad utpekandet av enskilda kraftverk innebär för vattenkraften och energisystemet i sin helhet. Vissa enskilda vattenkraftverk har en betydande roll som reglerkraft inom energisystemet. Det innebär att åtgärder som krävs för att uppnå god ekologisk potential vid dessa kraftverk kan ha en sådan inverkan på

den nationella reglerkraften att det finns skäl att besluta om ett mindre strängt krav.

1.3 Avgränsningar

Den svenska vattenkraften utgör en betydande resurs även på nordisk och nordeuropeisk nivå. Vi avgränsar dock beräkningarna till reglerbidraget i denna rapport för förhållanden i Sverige.

1.4 Definitioner

Produktionsprofil: När och hur mycket el ett kraftverk producerar, hur produktionen varierar över tid.

Reglerbidrag: Hur ett kraftverk bidragit till att öka eller minska effektbidraget beroende på variationerna i efterfrågan på el och på variationerna i elproduktion från andra källor i elsystemet.

Reglerförmåga: Maximalt reglerbidrag

Balansering: Att flytta produktion mellan timmar, dagar, veckor, säsong och år.

Reglering: Balansering inom timmen, dvs. på de kortaste tidssnitten. Sker delvis automatiskt.

Relativa reglerbidraget: En metod för att utvärdera reglerbidraget, dvs. hur väl elproduktionen i ett eller flera kraftverk följer nettoanvändningen av el (även kallat residuallasten).

Residuallast: Nettoanvändningen av el (som i denna PM definieras som differensen mellan elanvändning och elproduktion från vind- och solkraft).

2 Vattenkraftens reglerbidrag och dess betydelse

Elektricitet måste produceras och användas samtidigt för att balansen i elsystemet ska kunna upprätthållas. Både variation i elanvändning och tillförseln från icke-planerbara förnybara energikällor (ex. vindkraft, solkraft) måste balanseras av planerbar elproduktion eller genom att anpassa elanvändningen. Ett kraftverks reglerbidrag är dess bidrag till balanseringen av produktion och användning i elsystemet genom ökning eller minskning av effektbidraget, beroende på variationerna i efterfrågan. Ett kraftverks reglerbidrag ska inte förväxlas med dess reglerförmåga. Reglerförmågan är det maximala reglerbidraget som teoretiskt kan uppnås med aktuella produktionsförutsättningar såsom driftläge, vattendomar etc. Reglerbidraget kan därför aldrig vara högre än reglerförmågan.

Kraftsystemet står inför en förändring där behovet av flexibilitet ökar, andelen planerbar elproduktion minskar och incitament saknas för investeringar i nya flexibla resurser. Flexibiliteten ökar inte heller hos de nuvarande resurserna. Kraftsystemet kommer därför under en relativt lång tid framöver att behöva lösa balansregleringsutmaningen med de resurser som finns tillgängliga idag. Denna problematik och betydelsen av reglerförmåga beskrivs mer utförligt i Svenska kraftnäts rapport som tagits fram i nära samarbete med Energimyndigheten; *Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion*⁶.

En annan faktor som kan påverka hur vattenkraften utnyttjas är avvecklingen av kärnkraften som idag utgör ca 40 procent av elproduktionen i Sverige. Det kan innebära att vattenkraft på sikt får ersätta kärnkraftens roll som basproduktion, vilket kan minska möjligheten att bidra till balanseringen. Den parlamentariska utredningen Energikommissionen kommer att lämna sitt slutbetänkande 1 januari 2017. Utredningens arbete bedrivs för närvarande med utgångspunkt i den ramöverenskommelse som fem av riksdagens åtta partier har ingått. I energiöverenskommelsen anges ett mål att Sverige 2040 ska ha 100 procent förnybar elproduktion. Detta är i så fall något som ytterligare befäster vattenkraftens nyckelroll i det svenska elsystemet. Vattenkraften är mycket viktig för balanseringen på alla tidshorisoner – från sekund och minut till årsreglering – vilket innebär att vattenkraften är en oerhört viktig resurs för kraftsystemet, för det förnybara energisystemet och för Svenska kraftnäts möjligheter att utöva systemansvaret för el.

En ökad flexibilitet i elanvändningen är idag det mest troliga bidraget till att lösa behovet av reglerresurser. Även om elanvändarna blir mer flexibla måste dessa ses som en kompletterande resurs för reglering på kortare tidshorisoner och inte något som enskilt bidrar med en fullständig lösning. Det beror på att reglerbarheten över tid är begränsad, dvs. uthålligheten och repeterbarheten är betydligt lägre än hos planerbar produktion.

Övriga tänkbara flexibla resurser – såsom exempelvis lagring, reglering av vindkraft eller en ökad mängd planerbar produktion – kommer sannolikt inte att tillkomma inom den närmaste tiden. Framst för att det i närtid saknas realistiska alternativ som ur tekniskt eller kostnadsmässigt perspektiv är likvärdiga vattenkraftens. Det ökande behovet av reglerbidrag måste därför under en lång tid framöver hanteras av nuvarande resurser, dvs. framförallt den svenska och den norska vattenkraften.

Konsekvenserna av att inte ha tillräckliga mängder reglerbara resurser i ett elsystem är att balanseringen kan behöva genomföras på sätt som innebär stor negativ påverkan på samhället:

- *Tidvis extremt höga (eller negativa) elpriser.* Negativa elpriser kan uppstå vid tillfällen med exempelvis låg efterfrågan på el och hög tillgång på

⁶ Svenska kraftnät, *Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion*, 2015, <http://www.svk.se/siteassets/om-oss/rapporter/anpassning-av-elsystemet-med-en-stor-mangd-fornybar-elproduktion.pdf>

väderberoende produktion. Då får konsumenterna betalt för att använda sin el. Exempel på detta är Danmark under juldagsnatten 2012 eller i Tyskland den 8 maj 2016.

- *Dyr fossilbaserad elproduktion med stor miljöpåverkan behöver utnyttjas oftare.*
- *Elanvändningen måste anpassas. Antingen frivilligt, genom ett aktivt deltagande på elmarknaden, eller genom ofrivillig bortkoppling. Svenska kraftnät har möjligheten att i nödfall kunna fränkoppla elförbrukning. Syftet är att rädda större delen av kraftsystemet genom att fränkoppla mindre delar av förbrukningen vid nödsituationer såsom allvarliga störningar.*

Ett elsystem med otillräckliga mängder reglerbara resurser kommer också att drivas med mindre marginaler för att upprätthålla drift- och leveranssäkerheten. Det betyder att elsystemet blir mer känsligt för störningar. Mindre störningar kan då leda till följdfel som gör att stora områden kan drabbas av elavbrott vilket utöver andra risker också innebär stora samhällsekonomiska kostnader.

Eftersom vattenkraftens reglerförmåga är så betydelsefullt i det svenska elsystemet och på grund av avsaknaden av realistiska alternativ bör den svenska vattenkraftens reglerförmåga värnas.

3 Bedömning av reglerbidrag

Det är svårt att på ett enkelt sätt beskriva och fastställa vad reglerförmåga innebär. Vattenkraftverken ingår i samreglerade system med stark inbördes koppling och vilken roll enskilda kraftverk har är ibland svårt att identifiera. Vissa kraftverk möjliggör reglering i nedströmsliggande älvsträckor som saknar magasin. Det samlade reglerbidraget i de olika älvarna växelverkar också över det hydrologiska året; när vårfloden pågår i norr med begränsad flexibilitet är den över i söder. Balansering kan också utföras på olika tidshorisonter, ett vattenkraftverk som inte utför någon kortidsreglering kan ha stor betydelse för säsongsregleringen. Reglerbarhetens olika egenskaper varierar i form av volym, snabbhet och repeterbarhet, men för kraftsystemet som helhet kompletterar de egenskaperna varandra.

Svenska kraftnäts och Energimyndighetens metod för att fastställa ett eller flera vattenkraftverks betydelse genom dess reglerbidrag baseras på måttet *det relativa reglerbidraget* som tagits fram genom Vattenfalls forskningsprogram *Flexibel kraft*.

I detta kapitel beskrivs detta mått och dess för- och nackdelar. Vidare redovisas hur Svenska kraftnät, Energimyndigheten och Havs- och vattenmyndigheten avser att använda måttet, genomförda avvägningar och förslag till indelning av

vattenkraftverk i olika klasser. Indelningen visar om vattenkraftverket bidrar till det totala reglerbidraget i någon betydande omfattning.

3.1 Måttet det relativa reglerbidraget

Det relativa reglerbidraget⁷ är ett mått som beskriver hur elproduktionen i ett specifikt vattenkraftverk följer nettoanvändningen, residuallasten. I den här rapporten definieras residuallasten som differensen mellan elanvändning och elproduktion från vind- och solkraft⁸. Ett enskilt vattenkraftverks reglerbidrag är med andra ord dess bidrag till balanseringen av residualen på olika tidsavsnitt och beräknas enligt följande:

$$CR, k = \frac{\text{cov}(\text{Pres}, P_k)}{\text{var}(\text{Pres})}$$

där CR, k är vattenkraftverkets relativa reglerbidrag som varierar mellan -1 till 1. $\text{cov}(\text{Pres}, P_k)$ motsvarar kovariansen mellan residuallasten och produktionen i det aktuella vattenkraftverket. Kovariansen är ett mått på hur väl produktionen följer variationen i residualen. $\text{var}(\text{Pres})$ är variansen på residuallasten, med andra ord hur mycket denna varierar.

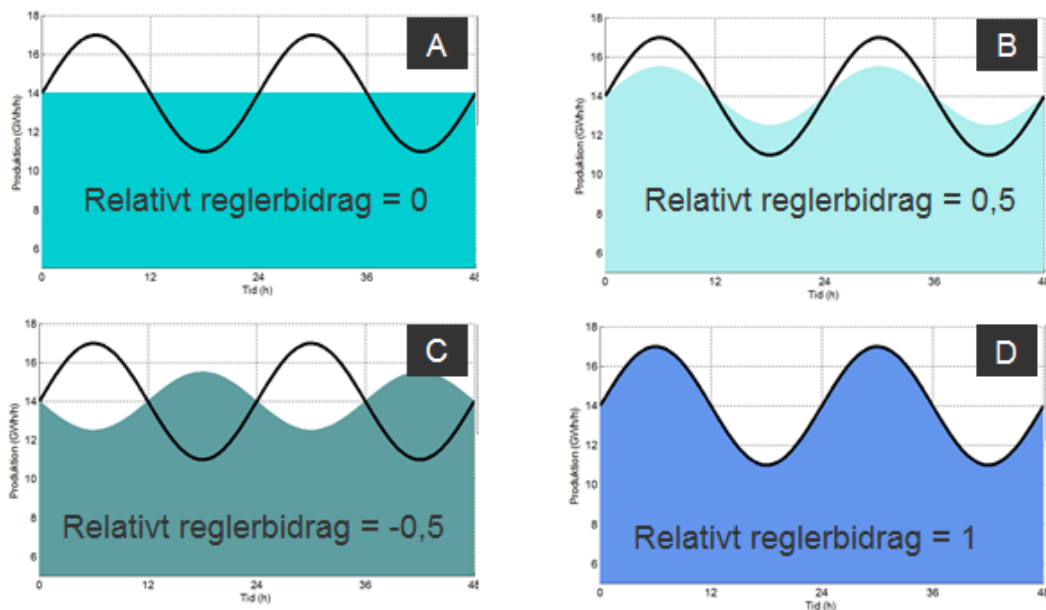
Det relativa reglerbidraget visar både hur ett kraftverk följer residuallasten, och också i vilken omfattning med avseende på elproduktionen.

I Figur 1 illustreras fyra exempel (A-D) på hur det relativa reglerbidraget varierar för olika produktionsprofiler (färgade ytor) vid samma residuallastsprofil (svart linje).

⁷ Relative balancing contribution of hydropower plants and rivers, Joakim Lönnberg, Johan Bladh, 2015-11-23, rev 2.

⁸ Det finns förstås även andra energikällor än vind- och solkraft, men eftersom det viktigaste är att analysera det relativa reglerbidraget och jämföra olika vattenkraftverk sinsemellan så räcker det att relatera till enbart vind- och solkraft.

Figur 1: Ett illustrativt exempel på det relativa reglerbidraget svart linje motsvarar residuallasten och respektive färgad yta olika produktionsprofiler hos ett eller flera kraftverk (Källa: Vattenfall R&D).



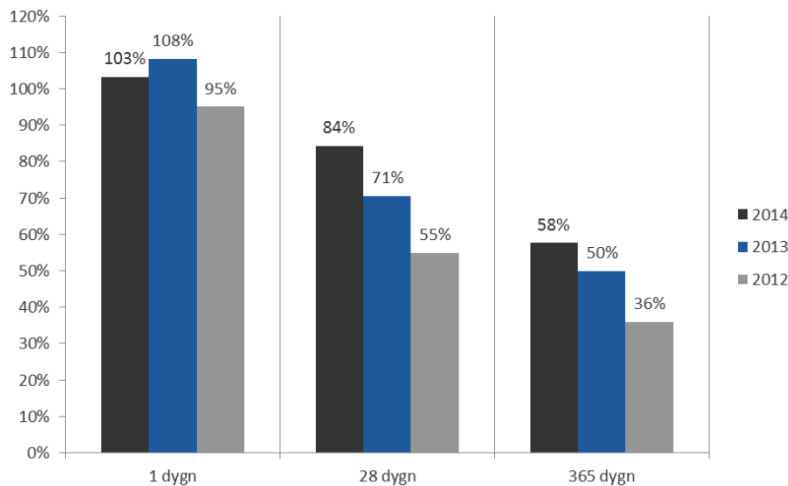
Ett kraftverk som inte bidrar till någon balansering under den analyserade perioden erhåller ett relativt reglerbidrag som är lika med noll (profil A). Om hälften av residuallasten regleras ut blir det relativa reglerbidraget 0,5 (profil B). I exemplet med profil C har kraftverket en produktionsprofil som inte ligger i fas med residuallasten. I detta fall bidrar inte kraftverket med balansering – istället skapas i praktiken ett *ökat* reglerbehov som måste hanteras av andra reglerresurser. Det innebär att det beräknade relativa reglerbidraget blir *negativt*. I det sista exemplet (profil D) visas en produktionsprofil som uppfyller *hela* det reglerbehov som residuallasten representerar, dvs. det relativa reglerbidraget blir lika med 1.

Balansering och reglering behövs på flera tidshorisonter, från kort (dygn) till lång tid (år). Många vattenkraftverk bidrar till balanseringen av residuallastens variationer mellan natt och dag, helg och vardag etc. Vissa vattenkraftverk kanske inte förändrar sin produktion alls under kortare perioder som ett enskilt dygn, men flyttar genom magasinregleringen stora mängder energi från perioder med låg efterfrågan på el till perioder med hög efterfrågan. Därför beräknas också det relativa reglerbidraget på tre olika sätt; för 1-, 28- respektive 365 dygn. På detta sätt hanteras och beräknas de viktigaste bidragen till balanseringen av residuallasten.

I Figur 2 redovisas beräkningar för den svenska vattenkraftens relativa reglerbidrag under åren 2012–2014. Det framgår tydligt att balanseringen av den svenska residuallasten på kort sikt nästan uteslutande levereras av vattenkraften. Att värdet överstiger 100 procent innebär att Sverige *exporterar* delar av reglerbidraget. Detta betyder att den svenska vattenkraften bidrar till att hantera reglerbehov i andra länder och att nyttan därmed är större än att vara enbart

nationell. På längre tidshorisonter sjunker vattenkraftens andel av balanseringen och andra kraftslag, främst kärnkraft⁹ och kraftvärme, tar vid.

Figur 2: Den svenska vattenkraftens relativa reglerbidrag under åren 2012-2014 (källa: IVL och Svenska kraftnät)



Det relativa reglerbidraget är det mått som främst visar vattenkraftverks bidrag till balanseringen. Måttet kan användas för olika tidshorisonter, exempelvis för dygn, 28 dygn och år som i nu aktuellt arbete. Ju högre värde ju större reglerbidrag.

Genom att beräkna det relativa reglerbidraget för flera olika år kan enskilda vattenkraftverks förmåga vid olika yttre förutsättningar få genomslag i bedömningen, exempelvis för torrår och våtår. Samtidigt är senaste årens data mest aktuell. Kraftsystemet ändras; andelen variabel förnybar elproduktion ökar, ledningsnätet byggs ut etc. Kraftverk som har varit avställda för revision bedöms kunna uppvisa år där de har varit i normaldrift eftersom elproduktion från åtta olika år använts.

Ett enskilt vattenkraftverk kan bidra till relativa reglerbidraget på en eller flera tidshorisonter. Ett kraftverk kan vara viktigt för elsystemet genom att bidra till reglerfunktionen på endast en tidshorison, eller genom att bidra på flera. Eftersom vattenkraftanläggningar kan ha olika uppgifter är det därmed inte *antalet* tidshorisonter med högt relativt reglerbidrag som utgör grund för om vattenkraftverket klassas som särskilt viktigt. Det finns t.ex. anläggningar som bidrar främst till årsreglering vilket innebär att andra anläggningar i systemet kan bidra på kortare tidshorisonter. För att en vattenkraftsanläggning ska bedömas som viktig krävs att anläggningen hör till de anläggningar med högst relativt reglerbidrag för en av tidshorisonerna för något av åren 2007–2014.

Måttet har beräknats utifrån elproduktionsdata per timme för tidshorisonen dygn samt vecko-, månads- och årsmedelvärden för övriga. Måttet visar hur vattenkraftverken *har* använts. De indata som använts för beräkningarna är:

⁹ Genom de årliga revisionerna som normalt genomförs sommartid bidrar kärnkraften till säsongregleringen.

- Residuallast (nationellt). *Ett* mått, dvs. samma för alla anläggningar.
- Enskilt vattenkraftverks produktion.

3.2 Måttet det relativa reglerbidraget har begränsningar

Alla metoder för att mäta och kvantifiera en anläggnings betydelse avseende reglerbidraget ger en förenklad bild. De beräkningar som genomförs baseras på historiska data vilket innebär att måttet visar hur reglerbidraget har sett ut, och med de eventuella begränsningar som gällt för anläggningen under denna tid avseende teknisk kapacitet, villkor i domar m.m. Det betyder att hänsyn inte tas till framtida förändringar i efterfrågan på balansering och reglering. Att göra motsvarande beräkningar för framtidsscenario kräver en betydligt större arbetsinsats, dels för att fastställa ett rimligt scenario och dels för att simulera vattenkraftens tänkbara reglering. Ett sådant arbete ryms inte inom det här uppdraget. Trots denna osäkerhet när det gäller framtida förändringar kan denna rapport användas som underlag till det förslag till KMV-klassning och normsättning som vattendelegationerna ska ta beslut på 2018.

Elnäten och elmarknaderna i Europa är sammankopplade och elsystemet i Sverige påverkas även av andra länders elproduktion och elanvändning. Det innebär att den svenska vattenkraftens reglerbidrag både hanterar behovet av balansering inom Sverige och också utgör en betydande resurs på nordisk och europeisk nivå. Vi avgränsar dock beräkningarna till bidraget inom Sverige.

Mot bakgrund av att det saknas alternativa modeller som på ett förhållandevis enkelt och nationellt genomförbart sätt beaktar potentialer anser vi att det relativa reglerbidraget, denna brist till trots, ger en bra bild av en anläggnings betydelse avseende bidraget till balanseringen.

4 Beräkningar och känslighetsanalys

4.1 Beräkning av det relativa reglerbidraget för svenska vattenkraftverk

Energimyndigheten och Svenska kraftnät har samlat in data för de ca 400 största¹⁰ vattenkraftsanläggningarna med avseende på installerad effekt, och utfört beräkningar av det relativa reglerbidraget för tidshorisonerna 1 dygn, 28 dygn och 365 dygn. Data har samlats in för åren 2007–2014. För vissa anläggningar saknas data för en del år i perioden och då har beräkningar gjorts för de år som funnits med. För några av anläggningarna vi efterfrågat data för saknas dataunderlag. Anläggningsägare kan om de önskar själva beräkna det relativa reglerbidraget och delge Vattenmyndigheten detta.

¹⁰ Totalt antal verk med inrapporterade värden (inte för alla år) är 413 st.

Vi har utgått ifrån det högsta relativa reglerbidraget en anläggning har fått för respektive tidshorisont för något av åren 2007–2014. Det är anläggningens maximala reglerbidrag för de tre olika tidshorisonterna under de aktuella åren som har använts. Detta eftersom tillgängligheten på data varierat mellan anläggningar och år. Även det faktum att reglerbehovet ökar i framtiden motiverar en restriktiv bedömning. I känslighetsanalyserna nedan redovisas dock det relativa reglerbidraget som medelvärden.

Figur 3 Antal vattenkraftverk med insamlad data för år i perioden 2007-2014.



4.2 Känslighetsanalys

För att få en uppfattning om hur olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget påverkar ett antal relevanta faktorer har en känslighetsanalys genomförts. Gränsvärdena har analyserats inom intervallet 0,001 procent – 1 procent. I analysen har data för åren 2009-2014 använts och resultaten visar, om inget annat anges, medelvärdet av dessa år.

Det finns i dagsläget ingen heltäckande statistik över svensk vattenkraft. Enbart i den datainsamling som gjorts i det här uppdraget hittades ca 40 kraftverk som inte fanns med i den lista på kraftverk som legat till grund för Energimyndighetens och Havs- och vattenmyndighetens förslag till strategi 2014 men som ändå hör till de största kraftverken. Summan av det relativa reglerbidraget från det insamlade underlaget utgör för år 2014 cirka 97,4 procent av vattenkraftens totala relativa reglerbidrag.

Ett antal vattenkraftverk uppvisar negativa relativa reglerbidrag. Detta beror på att produktionen hos dessa kraftverk under delar av den analyserade perioden inte ligger i fas med variationerna hos residuallasten (se Figur 1). Ett exempel är när produktionen av olika anledningar är högre nattetid än dagtid, eftersom efterfrågan normalt sett är högre under dagtid. Detta innebär att det relativa

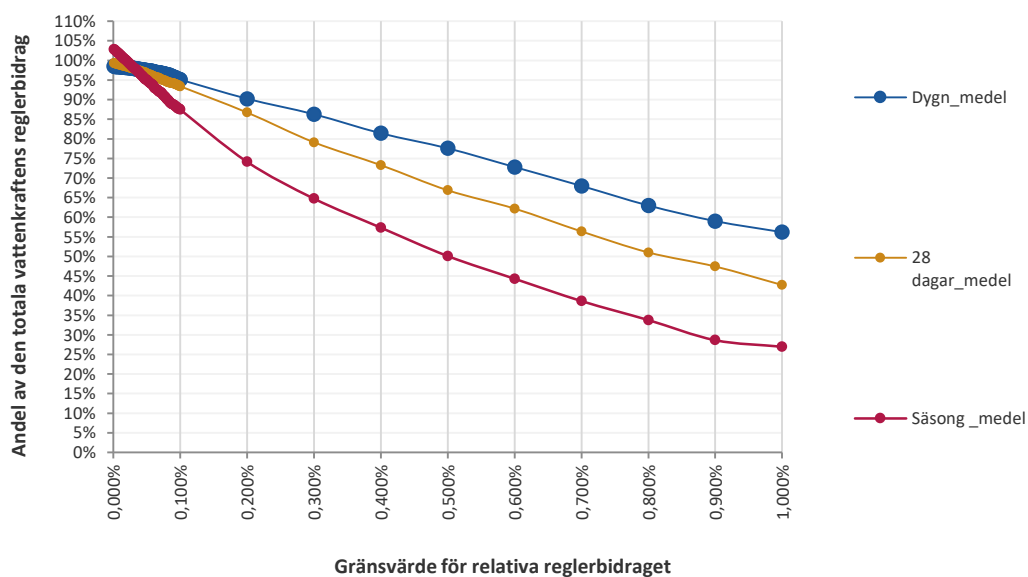
reglerbidraget som beräknas med timvisa data för den totala vattenkraften reduceras av kraftverken med ett negativt bidrag.

De faktorer som har undersökts är andelen av den totala vattenkraftens reglerbidrag, installerad effekt, andel av vattenkraftens normalårsproduktion, antalet vattenkraftverk och fördelningen per elområden. Vidare har det även undersökts hur olika gränsvärden påverkar den automatiska frekvensregleringen samt bidraget till Svenska kraftnäts reglerkraftmarknad.

4.2.1 Reglerbidraget

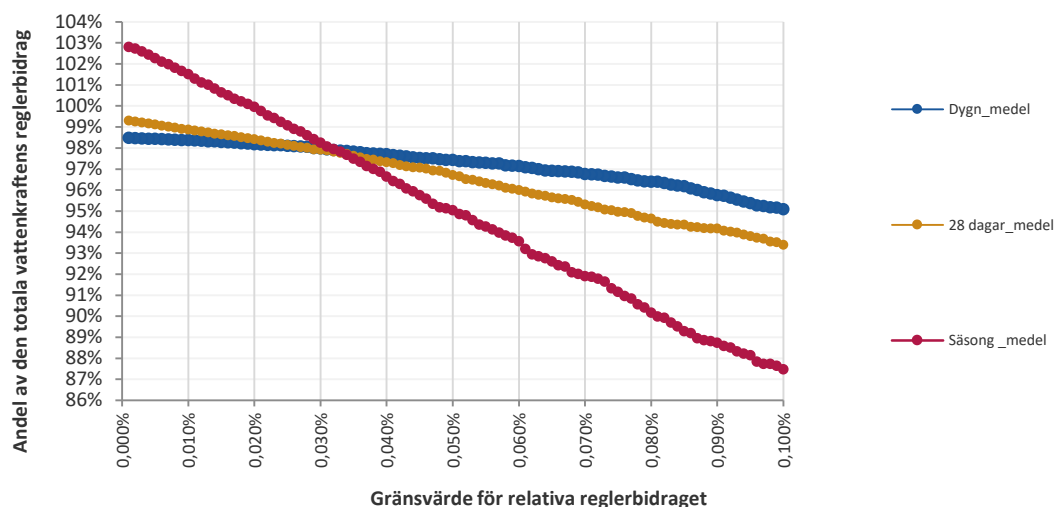
I Figur 4 redovisas hur olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget (x-axeln) påverkar andelen av vattenkraftens totala reglerbidrag. Det relativa reglerbidraget visas för de tre tidshorisonterna - lång ("Säsong_medel"), medellång (28_dagar_medel) och kort sikt (Dygn_medel), och resultaten baseras på data för åren 2009-2014.

Figur 4: Gränsvärden för det relativa reglerbidraget och andelen av vattenkraftens totala reglerbidrag 0,001procent-1procent, år 2009-2014



I det intervall som visas i Figur 4 är medelvärdet av andelen av säsongregleringen från vattenkraft vid ett gränsvärde för det relativa reglerbidraget på 1 procent så låg som 27 procent. Så låga nivåer är orimliga ur ett kraftsystemperspektiv och ett mer aktuellt intervall är därför snarare 0,001 procent-0,1 procent, vilket redovisas i Figur 5.

Figur 5: Gränsvärden för det relativa reglerbidraget och andelen av vattenkraftens totala reglerbidrag (gränsvärdesintervall 0,001 procent -0,1 procent, år 2009-2014)



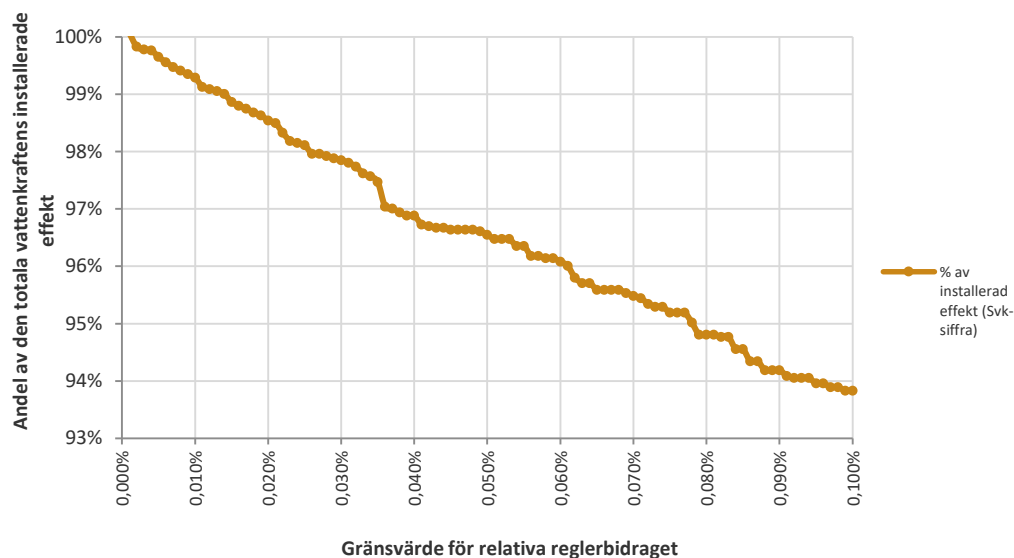
I gränsvärdesintervallet 0,001 procent - 0,1 procent ligger andelen av vattenkraftens totala reglerbidrag på de olika tidshorisonterna från över 100 procent till strax över 80 procent. Säsongsregleringsbidraget ökar betydligt fortare i takt med ett sjunkande gränsvärde jämfört med dygns- och 28-dygnsregleringen. En trolig förklaring till detta är att många småskaliga effektmässigt mindre vattenkraftverk har större möjligheter att delta i säsongsregleringen än i den mer kortsiktiga.

4.2.2 Installerad effekt

I Figur 6 redovisas hur olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget påverkar andelen av totalt installerad effekt från vattenkraft. I denna jämförelse har den totalt installerade effekten från vattenkraft antagits vara 16 184 MW, vilket är det värde som används i Svenska kraftnäts kraftbalansrapport¹¹. I Figur 6 visas samma gränsvärdesintervall som i Figur 5.

¹¹ Svenska kraftnät, *Kraftbalansen på den svenska elmarknaden vintrarna 2015/2016 och 2016/2017*, Dnr SvK 2016/1129

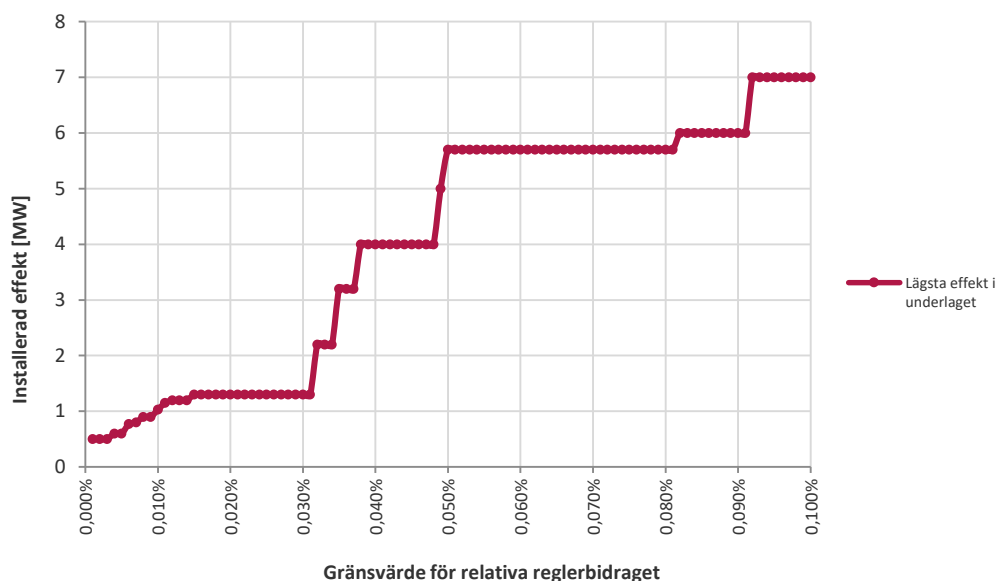
Figur 6: Andel av totalt installerad effekt vattenkraft (gränsvärdesintervall 0,001procent–0,1procent år 2009–2014)



Vid de lägsta gränsvärdena nås nivåer nära 100 procent av 16 184 MW. Att fastställa ett värde för totalt installerad effekt vattenkraft är mycket svårt och något som varierar beroende bl.a. på vilka källor som används. Resultatet måste därför betraktas som en indikation.

Gällande installerad effekt kan det också analyseras vilken lägsta installerad effekt hos ett vattenkraftverk som ingår vid de olika gränsvärdena för relativt reglerbidrag. För att kunna erhålla ett relativt reglerbidrag över respektive gränsvärde ställs högre krav på flexibilitet i takt med en sjunkande installerad effekt. Det innebär att ett vattenkraftverk med en låg installerad effekt måste följa residuallastens variationer på ett bättre sätt än ett vattenkraftverk med högre effekt för att erhålla samma värde för det relativa reglerbidraget.

Figur 7: Lägsta installerad effekt av vattenkraftverk över gränsvärdet för det relativa reglerbidraget (gränsvärdesintervall 0,001 procent–0,1 procent år 2009–2014)



I gränsvärdesintervallet 0,001 procent - 0,1 procent sjunker effekten på det minsta vattenkraftverket från cirka 7 MW till strax under 1 MW. Vid gränsvärdet 0,03 procent stabiliseras nivån för den lägsta installerade effekten kring 1 MW för att vid 0,01 procent minska något ytterligare.

Vattenkraftverk med en installerad effekt som är väsentligt lägre än 1 MW verkar enligt denna analys och det tillgängliga underlaget inte ha uppnått ett relativt reglerbidrag som överstiger 0,001 procent.

4.2.3 Antal vattenkraftverk

I Figur 8 visas hur antalet vattenkraftverk ökar i takt med ett sjunkande gränsvärde för det relativa reglerbidraget. Resultatet i Figur 8 visar att det krävs fler och fler tillkommande vattenkraftverk för att erhålla en högre andel av vattenkraftens totala reglerbidrag.

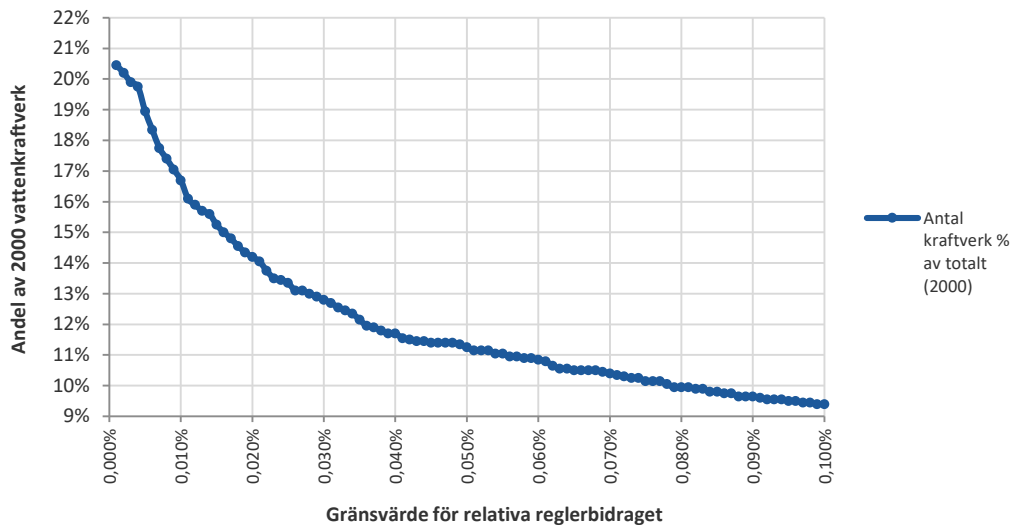
Figur 8: Antal vattenkraftverk vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget (gränsvärdesintervall 0,001 procent–0,1 procentprocent, år 2009–2014)



Att gå från ett gränsvärde på 0,1 procent till 0,09 procent medför t.ex. att ”kostnaden” med avseende på antal vattenkraftverk per tillkommande mängd reglerbidrag är cirka 5 stycken, medan det mellan 0,01–0,001 procent krävs ca 75 stycken.

Det är också intressant att analysera hur stor andel av det totala antalet vattenkraftverk i Sverige som inkluderas vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget. Uppgifter om hur många vattenkraftverk det finns i Sverige varierar beroende på källa, men i denna analys har antalet antagits vara 2 000 stycken. Det innebär att cirka 17 procent av det totala antalet vattenkraftverk i Sverige bidrar med ett enskilt relativt reglerbidrag högre än 0,01 procent, se Figur 9. Cirka 13 procent av totala antalet vattenkraftverk bidrar enskilt med mer än 0,03 procent.

Figur 9: Andel av 2000 vattenkraftverk vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget (gränsvärdesintervall 0,001 procent–0,1 procent år 2009–2014)

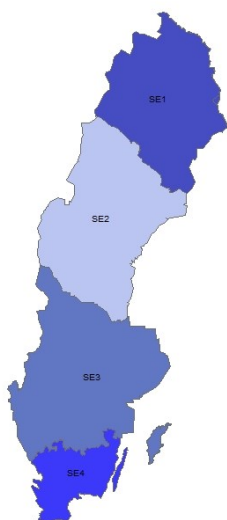


Vid det lägsta gränsvärdet som analyserats (0,001 procent) inkluderas enligt Figur 5 nästan 99 procent av det totala balanseringsbidraget på tidshorisonten 1 dygn. För att göra detta krävs enligt Figur 9 knappt 21 procent av 2000 vattenkraftverk i Sverige.

4.2.4 Reglerbidraget per elområde

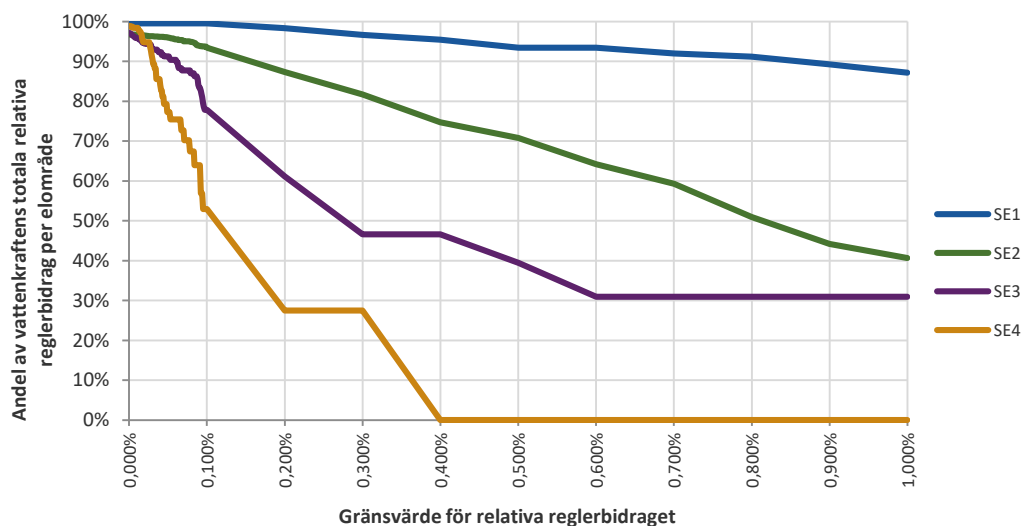
Sverige är uppdelat i fyra elområden från elområde Luleå (SE1) i norr till elområde Malmö (SE4) i söder, se Figur 10. I norra Sverige produceras mer el än det efterfrågas och i södra Sverige är det tvärt om. Därför transporteras stora mängder el från norr till söder i Sverige. När behovet av att överföra kraft överstiger den fysiska kapaciteten i nätet uppstår så kallade flaskhalsar, främst mellan elområdena SE2 och SE3.

Figur 10: Visar uppdelningen av Sveriges fyra elprisområden, SE1 Luleå, SE2 Sundsvall, SE3 Stockholm och SE4 Malmö.



Figur 11 visar hur andelen av det totala reglerbidraget från vattenkraft per elområde påverkas vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget vid tidsnittet 1 dygn. Beräkningarna baseras på det tillgängliga underlaget, dvs. de vattenkraftverk som har ett värde för det relativa reglerbidraget.

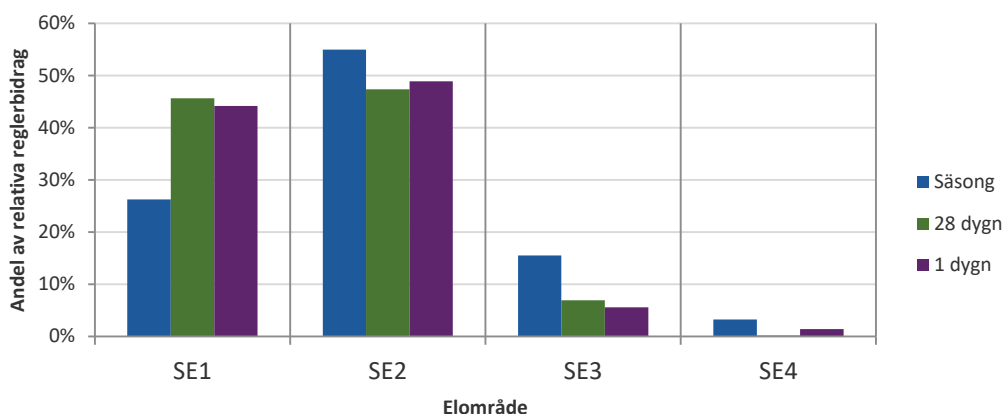
Figur 11: Andel av den totala vattenkraftens reglerbidrag per elområde vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget (gränsvärdesintervall 0,001 procent- 0,1 procent, år 2013-2014)



Vattenkraften i SE1 utgörs till största delen av anläggningar med hög installerad effekt och hög flexibilitet, och på grund av detta har dessa anläggningar överlag ett högt relativt reglerbidrag. Detta kan ses i Figur 11 där i princip hela balanseringsbidraget från vattenkraft i SE1 täcks in redan vid gränsvärdet

1 procent. För SE3 och SE4 krävs betydligt lägre gränsvärden för att det tillgängliga reglerbidraget ska inkluderas. Den installerade effekten hos vattenkraftverken i SE4 är generellt sett låg vilket också medför att de enskilda bidragen till det relativa reglerbidraget också är förhållandevis låga. På nationell nivå är bidraget till det totala relativa reglerbidraget från SE4 också betydligt lägre än från exempelvis SE1 och SE2, se Figur 12.

Figur 12: Andel av det relativa reglerbidraget per elområde, år 2014

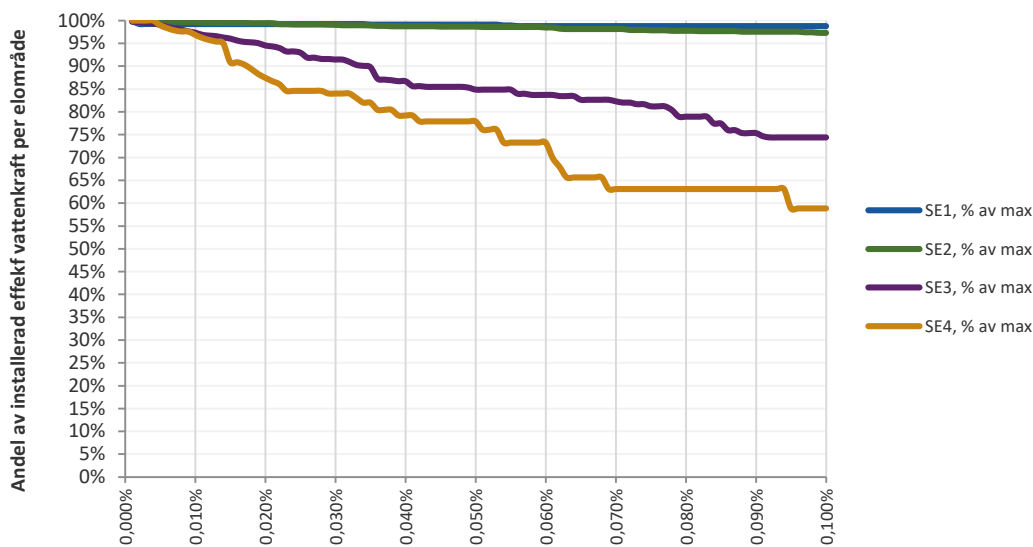


Ett lågt gränsvärde för det relativa reglerbidraget kan alltså inte motiveras av att fånga reglerbidraget från vattenkraft i SE4 eftersom de tillgängliga mängderna är väldigt låga.

4.2.5 Installerad effekt per elområde

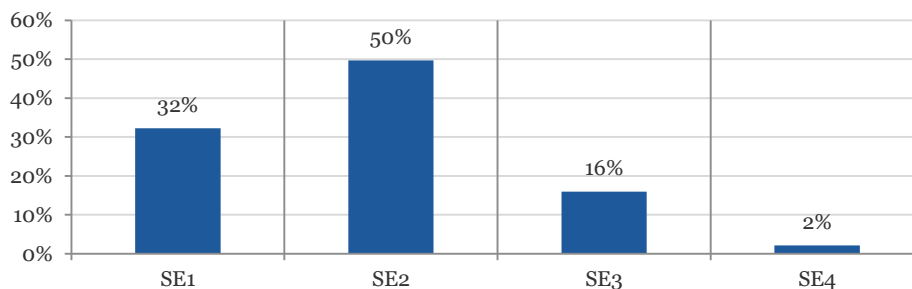
I Figur 13 nedan visas hur andelen av den installerade effekten från vattenkraft per elområde påverkas vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget (för intervallet 0,001 procent - 0,1 procent).

Figur 13: Andel av totalt installerad effekt vattenkraftens per elområde vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget (gränsvärdesintervall 0,001 procent -0,1 procent)



För elområde SE1 och SE2 inkluderas nära 100 procent av den installerade effekten¹² från vattenkraft inom hela detta gränsvärdesintervall. För elområde SE3 ökar andelen från cirka 75 procent till nära 100 procent. Även för SE4 nås nivåer nära 100 procent. Andelen av den installerade effekten från vattenkraften skiljer sig åt mellan de svenska elområdena med en tydlig tyngdpunkt i norra delen av landet. I ett nationellt perspektiv finns den installerade effekten från vattenkraft framförallt i SE1, SE2 och SE3, se Figur 14.

Figur 14: Andel av installerad effekt vattenkraft per elområde (källa: Svenska kraftnäts Kraftbalansrapport, Dnr 2016/1129)



Som framgår av figuren ovan är den andel av den installerade mängden effekt som finns i SE4 mycket liten jämfört med de övriga elområdena. I en flaskhalssituation är det relevant att se hur mängden vattenkraft förhåller sig till den totalt tillgängliga mängden elproduktion inom detta elområde. Enligt Svenska kraftnäts prognos för installerad effekt (MW) per produktionslag och elområde vid årsskiftet 2016/2017 utgör vattenkraften i SE4 cirka 8 procent av den totala installerade effekten i detta elområde. Om jämförelsen istället görs mot den effekt

¹² Underlag från Svenska kraftnäts kraftbalansrapport, Dnr 2016/1129

som prognostiseras vara tillgänglig vid timmen med högst elanvändning vintern 2016/2017 ökar vattenkraftens andel i SE4 till cirka 17 procent. Betydelsen av vattenkraften i SE4 är alltså effektmässigt liten ur ett nationellt perspektiv, men väsentligt större ur ett elområdesperspektiv.

4.2.6 Svenska kraftnäts reglerkraftmarknad och de automatiska reserverna

Svenska kraftnät är ansvarigt för att bibehålla balansen mellan elproduktion och elanvändning¹³. Balansen regleras både automatisk och manuellt i systemet genom att produktionen ökas eller minskas, eller att användningen minskas inom drifttimmen. Av de reglerresurser som utnyttjas för detta inom Sverige står vattenkraften för nära 100 procent och är därför mycket viktig för Svenska kraftnäts möjligheter att fullgöra systemansvaret.

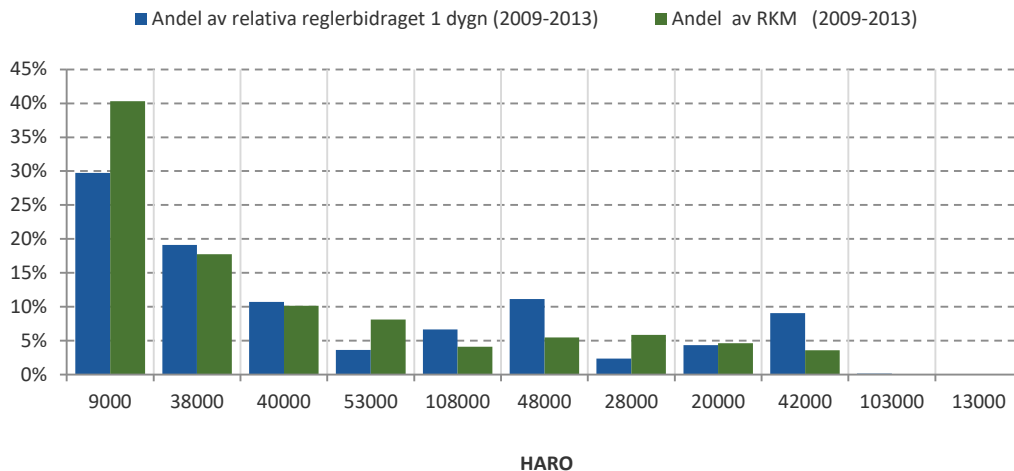
Måttet det relativa reglerbidraget baseras på timvärden för uppmätt timvis produktion i ett (eller flera) vattenkraftverk. Detta underlag visar *hur* ett vattenkraftverk har producerat, men inte *varför*. Man kan alltså inte se om anledningen varit exempelvis försäljning till Nord Pool, att ett bud på reglerkraftmarknaden blivit avropat av Svenska kraftnät eller för att vattenkraftverket bidraget till den automatiska frekvensregleringen. Samtliga anledningar är exempel på hur vattenkraften på olika sätt och på olika marknader följer variationer i efterfrågan eller hanterar oplanerade obalanser och bidrar med nödvändig balansering. På Nord Pool sker de stora regleringarna av efterfrågans variationer mellan natt och dag medan reglerkraftmarknaden hanterar den sista finjusteringen som krävs för att uppnå balans under drifttimmen. Om reglerbidraget uttrycks som omsatt volym är regleringen genom Nord Pool därför betydligt större än motsvarande på reglerkraftmarknaden.

Måttet det relativa reglerbidraget mäter inte specifikt hur ett vattenkraftverk bidragit till Svenska kraftnäts avrop av upp- eller nedregleringar på reglerkraftmarknaden. I Figur 15 nedan redovisas hur stor andel av reglerbidraget som finns per huvudavrinningsområde (HARO)¹⁴. De blå staplarna visar andelen av det relativa reglerbidraget (tidssnitt 1 dygn) och de gröna visar andelen av regleringarna på reglerkraftmarknaden för åren 2009–2013. Regleringen på dessa olika marknader är närbesläktad på så sätt att det krävs liknande produktionsförutsättningar i de vattenkraftsverk som deltar.

¹³ Mer om Svenska kraftnäts uppdrag finns att läsa på <http://www.svk.se/>

¹⁴ Sverige har 119 huvudavrinningsområden. Ett huvudavrinningsområde har ett huvudvattendrag och ett antal biflöden, är minst 200 kvadratkilometer stort och har sin utloppspunkt vid havet.

Figur 15: Andel av det relativa reglerbidraget (1 dygn) och andel av volym på reglerkraftmarknaden fördelat per HARO

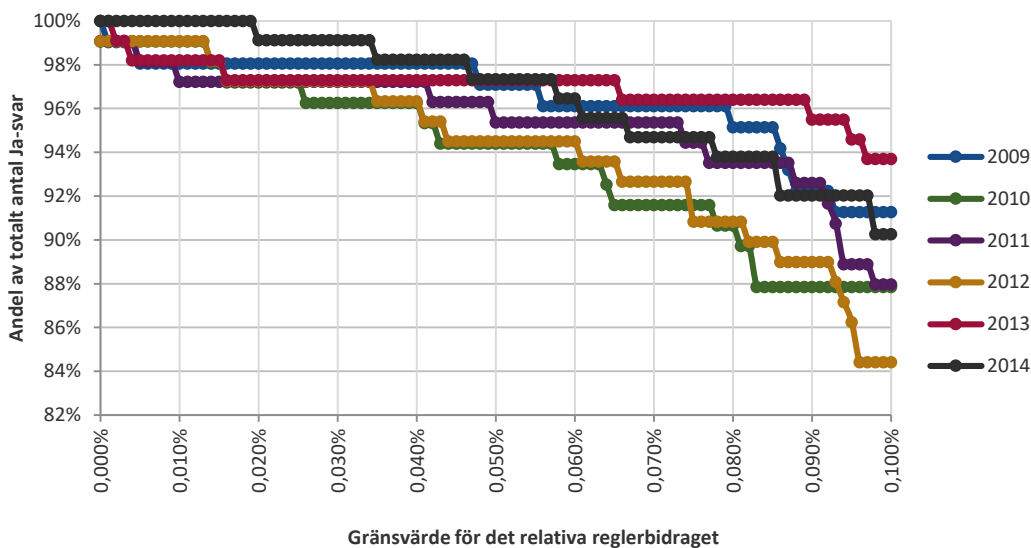


Fördelningen mellan respektive HARO är, med några undantag, i stora drag likadan. Detta betyder inte att det relativa reglerbidraget fångar in de vattenkraftverk som står för de största bidraget till reglerkraftmarknaden, men korrelationen är dock tydlig. Vid stickprover (som inte redovisas i denna rapport) av olika vattenkraftverk med hög andel av omsättningen på reglerkraftmarknaden framgår att det till stor del är samma anläggningar som har högt relativt reglerbidraget på tidssnittet 1 dygn.

Svenska kraftnät och de övriga nordiska stamnätsoperatörerna upphandlar dagligen automatiska reserver för att hantera de frekvensavvikelser som uppstår i kraftsystemet. Förenklat handlar det om att säkerställa att det alltid finns en viss mängd elproduktion som vid behov omedelbart kan öka eller minska. I Sverige består dessa reserver i nuläget till 100 procent av vattenkraft. Måttet det relativa reglerbidraget mäter inte specifikt hur vattenkraftverken bidrar till den automatiska frekvensregleringen och det är därför viktigt att analysera hur denna typ av reglering påverkas.

I det datainsamlingsuppdrag av produktionsdata för vattenkraftverk som genomförts ingick frågeställningen om anläggningen deltagit i den automatiska frekvensregleringen (som ”ja” eller ”nej”). I Figur 16 redovisas hur stor andel av maximalt antal ”ja”-svar påverkas vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget för 2009–2014.

Figur 16: Andel av totalt antal vattenkraftverk som deltar i den automatiska frekvensregleringen vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget (2009-2014)



Det är tydligt att inom gränsvärdesintervallet från 0,03 procent och lägre täcks betydande (mer än 96 procent) delar av det totala *antalet* kraftverk som bidrar till den automatiska frekvensregleringen in.

Frågeställningen om anläggningen bidragit till den automatiska frekvensregleringen var vid datainsamlingen något otydligt formulerad vilket har möjliggjort olika tolkningar och svar. Det fångar inte heller hur stora de enskilda bidragen i MW/Hz varit från de enskilda vattenkraftverken eller summan av dessa, vilket hade varit den mest relevanta angreppsvinkeln.

Ett eventuellt bidrag till den automatiska frekvensregleringen har därför inte påverkat de slutsatser som dras nedan.

4.3 Planeringsmålet i förslag till strategi för åtgärder inom vattenkraften

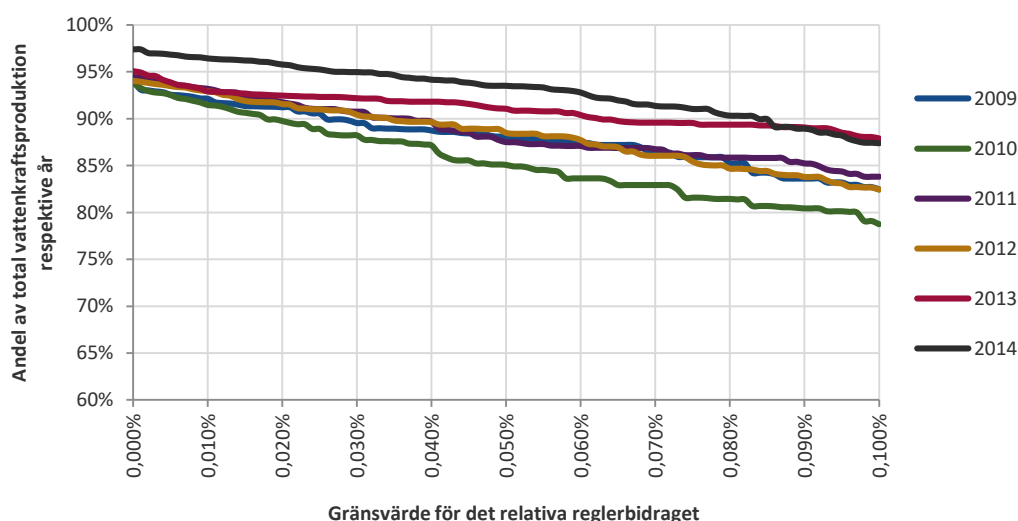
I förslag till strategi för åtgärder inom vattenkraften föreslås ett begränsande planeringsmål för miljöförbättrande åtgärder på nationell nivå. Detta innebär att högst 2,3 procent av vattenkraftens normalårsproduktion får tas i anspråk, vilket motsvarar 1,5 TWh. Bedömningen av reglerbidraget genom måttet det relativa reglerbidraget och gränsvärdesättningen för detta innebär, även om det inte är huvudsyftet, att en andel av normalårsproduktionen undantas. Det skulle kunna uppstå konflikter mellan dessa mål, t ex. om föreslagna gränser för relativa reglerbidraget innebär att det inte finns utrymme för miljöåtgärder motsvarande 1,5 TWh.

I samband med detta arbete har de tillgängliga sammanställningarna för vattenkraftverk i Sverige uppdaterats i den mån det har varit möjligt. Här ingår bland annat information om normalårsproduktion, (ej kvalitetskontrollerad). Den

totala summan i detta underlag uppgår till cirka 63,4 TWh, dvs. lägre än 65,2 TWh (som 1,5 TWh utgör 2,3 procent av). Med nuvarande underlag är det inte möjligt att bedöma hur olika gränsvärden påverkar planeringsmålet i förslaget till strategi från 2014 med avseende på normalårsproduktion. Att det är svårt att ta reda på vattenkraftvens normalårsproduktion innebär att det också är svårt att följa upp strategins planeringsmål.

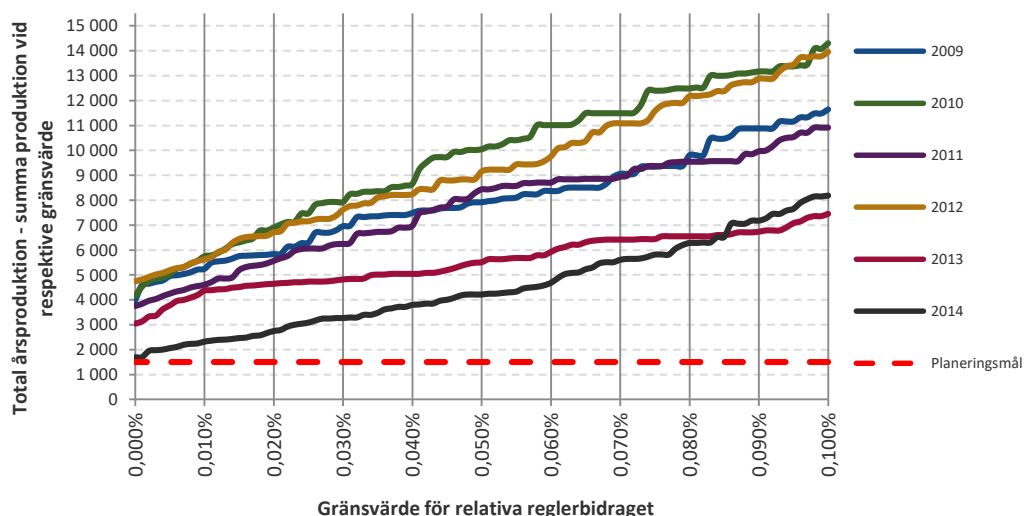
I beräkningarna av det relativa reglerbidraget har timvis data samlats in och det gör det möjligt att beräkna korrelationen mellan gränsvärden och total årsproduktion hos vattenkraften. I Figur 17 visas hur stor andel av respektive års totala vattenkraftsproduktion som tas i anspråk vid olika gränsvärden. Den högsta andelen uppnås år 2014 med 97,38 procent vid ett gränsvärde av 0,001 procent, dvs. ca 2,62 procent återstår. 2014 är också det år då mängden tillgänglig produktionsdata är som störst, vilket också är en delförklaring till den högre andelen.

Figur 17: Andel av total vattenkraftsproduktion vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget (2009-2014)



Ovanstående resultat kan också redovisas som hur mycket av årsproduktionen som *inte* tas i anspråk vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget, se Figur 18.

Figur 18: Årsproduktion som inte tas i anspråk vid olika gränsvärden för det relativa reglerbidraget (2009-2014)



I Figur 18 är också gränsen för planeringsmålet i förslaget till strategi tillagt. Vid de lägsta gränsvärdena närmar sig den återstående mängden årsproduktion för år 2014 planeringsmålet, dock utan att understiga denna. Denna jämförelse har naturligtvis flera brister, den jämför exempelvis ett mål för normalårsproduktion med den verkliga årsproduktionen för ett antal år. Resultatet är dock tydligt på så vis att det inte ens vid det lägsta analyserade gränsvärdet för det relativa reglerbidraget uppstår en konflikt med det nuvarande planeringsmålet.

Eftersom miljöåtgärder tar lång tid att genomföra kommer det finnas goda möjligheter att följa utvecklingen och att ompröva bedömningar. Syftet med beräkningen (från förslag till strategi 2014) var att få en samlad bild på nationell nivå av vad olika åtgärdsexempel ger i konsekvenser på elproduktionen, och att landa på en rimlig nivå i maximal tillåten påverkan. Det finns både över- och underskattningar i dessa beräkningar. Vi ser i dagsläget ingen konflikt mellan mål om högsta tillåtna produktionstapp och val av gränser för relativa reglerbidraget.

Det fanns år 2014 heller inte dataunderlag tillgängligt för att bedöma reglerbidraget. Arbetet med måttet relativa reglerbidraget ska därför ses som en vidareutveckling av den delen i förslag till strategi, och utgör ett bättre sätt att bedöma påverkan på elsystemet. Till nästa vattenförvaltningscykel kan arbetet troligen utvecklas ytterligare.

5 Slutsatser

5.1 Betydande påverkan på reglerbidraget

Vattenförvaltningen är adaptiv och slutsatserna i denna rapport är gjorda inom ramen för rådande vattenförvaltningscykel i syfte att beakta framtida utveckling av elsystemet med eventuella förändringar i behov av och tillgång till reglerresurser. Utveckling av en bättre metodik vad gäller uppföljning och kvantifiering av reglerbidrag från vattenkraft kommer att fortsätta. Här är även viktigt att hålla isär begreppen. Det relativa reglerbidraget bygger på historiska data. Det visar hur mycket en anläggning har bidragit till balansering under en historisk tidsperiod. Det relativa reglerbidraget är inte detsamma som reglerförmågan, som i dagsläget är okänd.

Det går inte att kvantifiera hur stor påverkan olika miljöåtgärder skulle få på det relativa reglerbidraget. Även om det eventuellt är möjligt att på andra sätt försöka kvantifiera enskilda åtgärders påverkan på reglerbidraget så går den siffran inte att sätta i relation till något motsvarande värde på nationell nivå. Den nationella reglerförmågan är okänd. Bedömningen av vad som ska anses utgöra betydande påverkan på verksamheten behöver därför utgå ifrån ett kvalitativt resonemang.

Som redogjorts för i avsnitt 2 *Vattenkraftens reglerbidrag och dess betydelse* är det klart att reglerbehovet inom de närmaste decennierna kommer att öka. Samtidigt saknas incitamenten för en ökad flexibilitet i nuvarande resurser eller för att nya ska tillkomma.

Mot bakgrund av detta bedömer Svenska kraftnät, Energimyndigheten och Havs- och vattenmyndigheten att utgångspunkten är att åtgärder som medför en försämring av reglerbidraget är att betrakta som betydande negativ påverkan på kraftproduktionen, det vill säga på balansering och reglering. Eftersom det relativa reglerbidraget är så kraftigt koncentrerat till ett fåtal anläggningar vore det dock orimligt att tillämpa det resonemanget på samtliga kraftverk. Vi har därför delat in kraftverken i olika klasser utifrån deras betydelse ur regleringspunkt.

När man bedömer vilka konsekvenser olika miljöåtgärder får för en anläggnings reglerbidrag räcker det inte att titta på det enskilda kraftverket. Möjligheter till balansering och reglering är beroende av förutsättningar både uppströms och nedströms. En bedömning av om KMV och eventuellt mindre stränga krav är tillämpligt kan därför inte bara omfatta vattenförekomst med kraftverket utan behöver även omfatta de vattenförekomster i avrinningsområdet där balanseringen och regleringen möjliggörs.

5.2 Gränsdragning

Vid framtagandet av gränsvärdet för att avgöra vilka vattenkraftverk som kan anses tillföra ett betydande reglerbidrag har fokus av naturliga skäl varit att täcka en så stor andel av den totala balanseringen som möjligt. Även den samlade mängden installerad effekt är av stor betydelse och detta har därför också varit en viktig parameter.

En samlad bedömning utifrån resultaten i känslighetsanalysen resulterar i tre klasser av vattenkraftverk där gränsvärdena för det relativa reglerbidraget är följande:

- Klass 1 består av de vattenkraftverk som uppnått ett relativt reglerbidrag på 0,03 procent eller högre.
- Klass 2 består av de vattenkraftverk som uppnått ett relativt reglerbidrag på 0,01 procent eller högre men där värdet understiger 0,03 procent.
- Klass 3 består av de vattenkraftverk vars relativa reglerbidrag understiger 0,01 procent.

Oavsett klass finns det fall där miljökrav i annan tvingande gemenskapslagstiftning än vattendirektivet, exempelvis Art- och habitatdirektivet¹⁵, kan medföra att åtgärder med påverkan på reglerbidraget ändå måste vidtas även vid vattenkraftverk som anses tillföra ett betydande reglerbidrag¹⁶. Omfattningen av sådana krav, och eventuell påverkan på reglerbidrag och elproduktion, är inte känd för oss idag.

5.2.1 Klass ett

I den första klassen hamnar de kraftverk som är absolut mest värdefulla för reglerbidraget. Det är ca 255 kraftverk med ett relativt reglerbidrag på 0,03 procent eller högre. Vattenkraftverken inom klass 1 har stått för ca 98 procent av vattenkraftens totala reglerbidrag för respektive tidshorisont (1-, 28, samt 365 dygn) under perioden 2009-2014. Dessa kraftverk står samtidigt för ca 98 procent av den totalt installerade effekten från den svenska vattenkraften.

Eftersom dessa kraftverk står för en så betydande del av balanseringen anser vi att reglerförmågan vid dessa kraftverk inte bör minskas. Energimyndigheten, Svenska kraftnät och Havs- och vattenmyndigheten bedömer därför att åtgärder som medför en försämring av reglerbidraget vid dessa anläggningar utgör en betydande påverkan på den samhällsviktiga verksamheten reglerkraft enligt 4 kap. 3 § Vattenförvaltningsförordningen.

I de fall då vattenförekomstens ekologiska status är sämre än god och det beror på väsentlig förändring av de hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna på grund av

¹⁵ Rådets direktiv 92/43/EEG av den 21 maj 1992 om bevarande av livsmiljöer samt vilda djur och växter

¹⁶ Jfr HaV:s Vägledning för kraftigt modifierat vatten Fastställande av kraftigt modifierat vatten i vattenförekomster med vattenkraft.

vattenkraften bör vattenförekomsten förklaras som KMV om övriga villkor enligt 4 kap. 3 § Vattenförvaltningsförordningen är uppfyllda.

I de fall åtgärder som försämrar reglerbidraget vid anläggningar som kategoriseras som klass ett krävs för att nå god ekologisk potential bör de aktuella vattenförekomsterna omfattas av mindre stränga krav om övriga villkor enligt 4 kap. 10 § Vattenförvaltningsförordningen är uppfyllda.

Utgångspunkten är att vattenförekomster med kraftverk i klass 1 ska vara KMV med undantag i form av mindre stänga krav då det är nödvändigt för att bibehålla dessa kraftverks reglerbidrag och elproduktion. Men det måste alltid förekomma en enskild bedömning i enlighet med Vattenförvaltningsförordningen då det som ovan nämnts även kan finnas annan lagstiftning som ställer andra krav, t.ex. artskyddsförordningen m.m.

Detta innebär givetvis att det fortfarande finns miljöåtgärder som kan och bör vidtas i aktuella avrinningsområden. Även om det bedöms att åtgärder som påverkar reglerbidraget inte ska genomföras ska alla andra rimliga åtgärder genomföras. Det kan exempelvis röra sig om flottledsrestaureringar, åtgärder i sidovattenflöden osv. Det här är de ur energisystemperspektiv absolut viktigaste anläggningarna. De är storskaliga och ligger i exploaterade vattendrag. Utgångspunkten är att den nytta kraftverken levererar i form av reglerkraft i dagsläget inte kan nås utan orimliga kostnader på ett för miljön mindre ingripande sätt.

5.2.2 Klass två

I klass två finns ca 78 anläggningar med ett relativt reglerbidrag på 0,01 procent eller högre, men där reglerbidraget understiger 0,03 procent. Även dessa anläggningar har åtminstone under vissa tidsavsnitt på ett betydelsefullt sätt bidragit till reglering. Även här råder en viss presumtion för att åtgärder som leder till försämrat reglerbidrag innebär betydande påverkan på den samhällsviktiga verksamheten.

Till skillnad från klass ett finns det dock anledning att göra en mer utförlig bedömning i det enskilda fallet. Det är inte givet att samhällsnyttan kraftverket bidrar med inte kan nås på ett för miljön mindre ingripande sätt. Det kan därför vara aktuellt att undersöka utförligt hur stor miljönytta olika åtgärder skulle leda till och hur stor påverkan dessa kan antas ha på reglerbidraget.

Energimyndigheten, Svenska kraftnät och Havs- och vattenmyndigheten bedömer att utgångspunkten dock är att reglerbidraget bör värnas.

5.2.3 Klass tre

I klass tre återfinns ca 1700 övriga kraftverk som har ett relativt reglerbidrag som understiger 0,01 procent. Dessa anläggningar har ett så begränsat relativt reglerbidrag, eller inget alls, att det inte bör påverka t.ex. vilka miljö kvalitetsnormer som sätts enligt vattenförvaltningen.

5.2.4 Förhållande till CIS-vägledning

För att stödja implementeringen av ramvattendirektivet har EU medlemsstaterna, Norge och EU-kommissionen tagit fram en gemensam strategi för implementering (Common Implementation Strategy- CIS). Inom ramen för denna strategi har deltagarna tagit fram olika vägledningar för direktivets olika moment.¹⁷

I CIS-vägledningen som behandlar utpekande av KMV anges att det inte går att ange en generell definition av vad ”betydande negativ påverkan” innebär. Vad som anses ”betydande” varierar beroende på vilken typ av verksamhet det rör sig om och vilka socio-ekonomiska prioriteringar medlemsstaterna väljer att göra.

Det framhålls att en påverkan som är mindre än normal kortsiktig variation i prestanda normalt sett inte bör utgöra betydande påverkan. Å andra sidan framhålls att åtgärder som på lång sikt markant minskar prestandan tydligt utgör betydande påverkan.

I vägledningen betonas även att bedömningen av negativ påverkan ska göras på rätt geografisk nivå. Vilken geografisk skala som är lämplig beror på vilken typ av verksamhet det rör sig om.¹⁸

Vi har gjort en kvalitativ analys av effekter på nationell nivå. Energimyndigheten, Svenska kraftnät och Havs- och vattenmyndigheten bedömer att de slutsatser som dras i detta dokument är förenliga med de rekommendationer som ges i CIS-vägledningen.

5.2.5 Resultat i kartformat

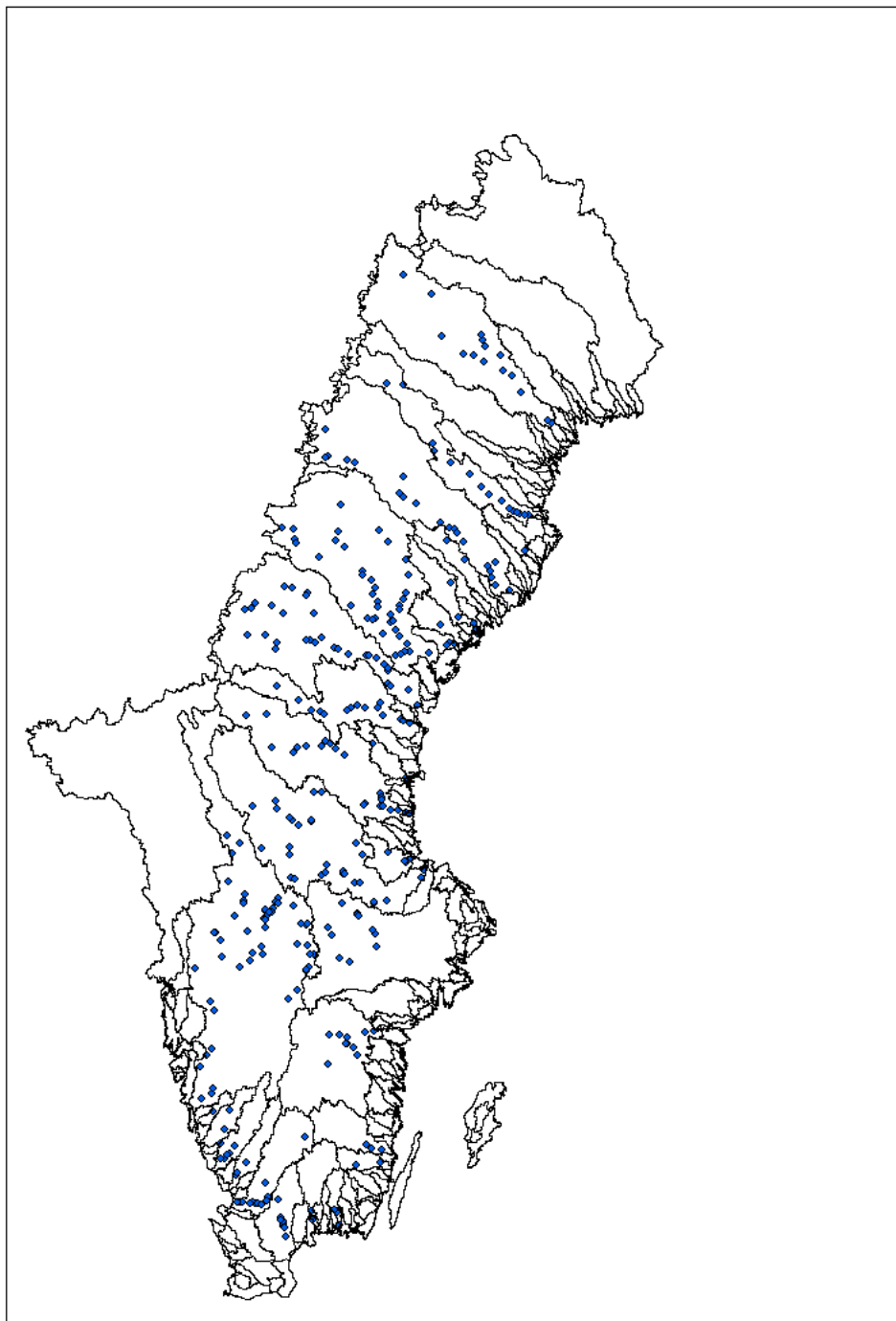
I Figur 19 visas de vattenkraftverk som ingår i klass 1 och 2 och därmed bedöms ha ett högt relativt reglerbidrag samt de huvudavrinnings- och kustområden de finns i.

Figur 20 visar anläggningarna som hör till klass 3.

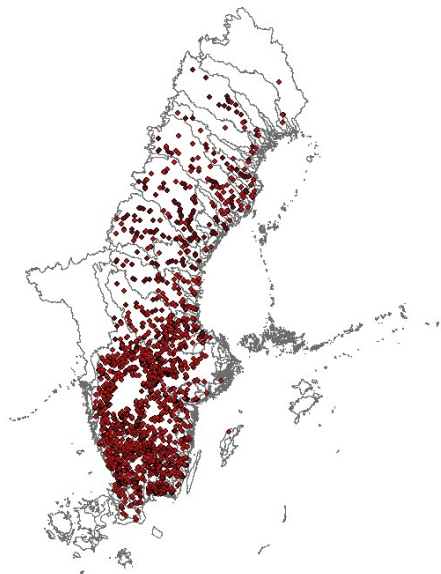
¹⁷ Jfr Guidance Document No 4 Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies Produced by Working Group 2.2 – HMWB.

¹⁸ Guidance Document No 4 Identification and Designation of Heavily Modified and Artificial Water Bodies Produced by Working Group 2.2 – HMWB.

Figur 19 De vattenkraftverk som finns i klass 1 och 2 som bedöms ha högt relativt reglerbidrag, samt huvudavrinnings- och kustområden.



Figur 20 De vattenkraftverk som finns inom klass 3.



Litteraturförteckning

Havs- och vattenmyndigheten. Rapport 2014:12 Vägledning för 4 kap. 9-10 §§ vattenförvaltningsförordningen om förlängd tidsfrist och mindre stränga krav – undantag från att nå en god ekologisk status/potential till 2015.

Havs- och vattenmyndigheten. Rapport 2014:14 Strategi för åtgärder i vattenkraften

Havs- och vattenmyndigheten. Vägledning kraftigt modifierat vatten Fastställande av kraftigt modifierat vatten i vattenförekomster med vattenkraft

Energimyndigheten. ER 2014:12 Vad avgör ett vattenkraftverks betydelse för elsystemet

Vattenfall. Report VRD-R19:2015. Relative balancing contribution of hydropower plants and rivers. Lönnberg och Bladh. Vattenfall. "Relative balancing contribution of hydropower plants and rivers – Revision 2". Report VRD-R19:2015-Rev2. Lönnberg och Bladh.

Svenska kraftnät. Anpassning av elsystemet med en stor mängd förnybar elproduktion. December 2015.

Tre underlagsrapporter till Energikommissionen i december 2015:
Energimarknadsinspektionens rapport är inriktad på marknad för el, gas och fjärrvärme, Energimyndighetens på tillförsel och användning av energi, Svenska kraftnäts på överföring av el.
<http://www.energikommissionen.se/aktuellt/myndigheternas-underlagsrapporter-till-energikommissionen-2/>

Bilaga Kraftverk i klass 1 och 2

Kraftverk i klass 1, med ett relativt reglerbidrag på 0,03 procent eller högre

Kraftverk	max 365 dygn %	max 28 dygn %	max 1 dygn %
Abelvattnet	0,034	0,034	0,019
Ajaure	-0,042	0,482	0,674
Akkats	0,195	0,477	1,976
Alfta	0,148	0,058	0,471
Anjan	0,079	0,191	0,169
Anundsjö	0,027	0,004	0,044
Avesta Lillfors	0,108	0,081	0,063
Avesta Storfors	0,077	0,031	0,017
Avestaforsen	0,133	0,088	0,096
Bassalt	0,042	0,036	0,104
Bastusel	0,776	0,654	1,271
Bergeforsen	0,553	0,584	0,878
Bergnäs	0,052	0,054	0,019
Bergvattnet	0,128	0,256	0,306
Bergvik	0,091	0,114	0,101
Betsele	0,148	0,259	0,292
Bjurfors Nedre	0,329	0,606	0,833
Bjurfors Övre	0,188	0,331	0,453
Björna	0,061	0,023	0,000
Blyberg	0,051	0,087	0,022
Blåsjön	0,450	0,724	0,672
Boden	0,249	0,397	-0,018
Bodum	0,061	0,102	0,145
Bofors	0,041	0,013	0,001
Borensberg	0,024	0,012	0,031
Borgforsen	0,150	0,244	0,366
Brattforsen	0,078	0,036	0,007
Broby	0,034	0,012	0,002

Kraftverk	max 365 dygn	max 28 dygn	max 1 dygn
	%	%	%
Bruksfallet	0,049	0,012	0,000
Bullerforsen	0,191	0,202	0,166
Bursnäs	0,016	0,056	0,103
Bågede	0,114	0,023	0,000
Bålforsen	0,554	0,965	1,075
Båtfors	0,136	0,233	0,364
Bällforsen	0,069	0,014	0,039
Dabbsjö	0,183	0,282	0,264
Degerfors	0,063	0,024	0,014
Degerforsen	0,287	0,542	0,910
Deje	0,055	0,032	0,001
Domnarvet	0,105	0,098	0,094
Duved	0,024	0,050	0,044
Dönje	0,277	0,488	1,044
Edensforsen	0,283	0,615	1,037
Edsele	0,385	0,287	0,181
Edsvalla	0,050	0,008	0,000
Finnforsen	0,176	0,305	0,454
Fjällsjö	0,054	0,098	0,127
Flåsjö	0,142	0,249	0,200
Forshult	0,083	0,037	0,009
Forshuvudforsen	0,176	0,188	0,154
Forsmo	0,563	1,300	1,477
Forsse	0,287	0,240	0,012
Frykfors	0,035	0,005	0,000
Gallejaure	0,850	1,172	3,375
Gammelänge	0,340	0,351	1,126
Gardikfors	0,283	0,237	0,311
Gejmån	0,375	0,539	0,756
Genastorp	0,062	0,017	0,002
Gidböle	0,057	0,036	0,101
Gideå	0,079	0,054	0,144
Gideåbacka	0,073	0,043	0,118

Kraftverk	max 365 dygn	max 28 dygn	max 1 dygn
	%	%	%
Glava	0,090	0,146	0,133
Granboforsen	0,142	0,164	0,160
Granfors	0,151	0,255	0,403
Grundfors	0,636	0,774	0,799
Grytfors	0,314	0,201	0,367
Gråda	0,105	0,170	0,115
Gullspång	0,316	0,266	0,188
Gulsele	0,276	0,580	0,897
Gäddede	0,106	0,044	0,001
Gävunda	0,072	0,013	0,000
Hagfors	0,058	0,028	0,004
Hallstahammar	0,120	0,011	0,000
Halvfari	0,131	0,137	0,192
Hammarforsen	0,443	0,388	0,491
Harrsele	0,891	1,646	3,901
Harsprånget	2,941	8,274	10,918
Hermansboda	0,038	0,049	0,216
Hissmofors	0,412	0,464	0,463
Hjälta	1,137	0,977	0,777
Holmen	0,166	0,091	-0,002
Horrmund	0,028	0,091	0,057
Hoting	0,101	0,160	0,164
Hovetorp	0,040	0,017	0,040
Hummelforsen	0,084	0,013	0,000
Hylte	0,140	0,027	0,002
Hällby	0,468	0,668	1,070
Hällforsen	0,129	0,174	0,253
Högsby	0,033	0,004	0,000
Höljebro	0,148	0,206	0,191
Höljes	-0,003	0,232	0,167
Hölleforsen	0,516	0,534	0,695
Iggesund	0,031	0,003	0,001
Juktan	0,158	0,217	0,059

Kraftverk	max 365 dygn %	max 28 dygn %	max 1 dygn %
Junsterforsen	0,150	0,335	0,430
Juvuln	0,099	0,126	0,126
Järkvissle	0,320	0,325	0,502
Järnvägsforsen	0,375	0,457	1,744
Järpströmmen	0,820	0,853	0,887
Jössefors	0,169	0,141	0,261
Karsefors	0,217	0,148	0,448
Karåsforsen	0,117	0,036	0,007
Kattstrupeforsen	0,366	0,400	0,405
Kilforsen	1,126	1,892	3,359
Klinterforsen	0,055	0,075	0,032
Klippen	0,143	0,297	0,356
Knon	0,062	0,021	0,003
Knäred övre	0,093	0,074	0,166
Korselbränna	0,596	1,276	1,981
Krakerud	0,078	0,032	0,006
Krokströmmen	0,443	0,169	1,088
Krångede	1,478	1,551	2,097
Krångfors	0,264	0,447	0,649
Kungsfors Sandviken	0,031	0,007	0,000
Kungsfors Sandviken	0,031	0,007	0,000
Kvarnaholm	0,036	0,027	0,031
Kvarnfallet Rörvattnet	0,044	0,143	0,232
Kvarnsveden	0,256	0,231	0,202
Kvistforsen	0,410	0,775	1,949
Kymmen	0,142	0,495	0,707
Laforsen	0,293	0,099	0,001
Laholm	0,062	0,040	0,132
Landafors	0,077	0,081	0,116
Lanforsen	0,193	0,070	0,108
Lasele	0,559	1,251	1,825
Laxede	0,550	1,095	0,457
Ledinge	0,053	0,064	0,098

Kraftverk	max 365 dygn	max 28 dygn	max 1 dygn
	%	%	%
Lennartsfors	0,016	0,037	0,003
Leringsforsen	0,065	0,077	0,088
Letsi	0,273	1,871	4,921
Letten	0,206	0,162	0,103
Ligga	1,037	2,897	3,627
Lilla Edet	0,126	0,095	0,089
Lindbyn	0,040	0,013	0,000
Ljunga	0,234	0,252	0,816
Ljusne Strömmar	0,165	0,244	0,220
Ljusnefors	0,454	0,128	0,086
Lottefors	0,049	0,094	0,202
Långbjörn	0,334	0,758	1,019
Långed	0,039	0,009	0,000
Långhag	0,236	0,233	0,177
Långströmmen	0,212	0,127	0,578
Långå	0,522	0,774	0,667
Lövhöjden	0,044	0,103	0,078
Lövön	0,181	0,158	0,337
Majenfors	0,053	0,042	0,113
Malfors	0,118	0,055	0,144
Malgomaj	0,042	0,057	0,117
Malta	0,071	0,034	0,005
Matfors	0,102	0,054	0,108
Messaure	2,250	5,136	4,694
Midskog	0,672	0,613	0,758
Mockfjärd	0,123	0,042	0,001
Moforsen	0,465	1,125	1,705
Motala	0,055	0,031	0,161
Munkfors	0,086	0,047	0,004
Mörsil	0,150	0,201	0,381
Nain	0,069	0,027	0,008
Nederede	0,069	0,072	0,070
Nissaström	0,060	0,008	0,001

Kraftverk	max 365 dygn %	max 28 dygn %	max 1 dygn %
Noppikoski	0,047	0,067	0,107
Norränge	0,170	0,315	0,724
Nämforsen	0,466	0,914	1,200
Näs	0,101	0,086	0,045
Näsaforsen	0,029	0,025	0,198
Näverede	0,298	0,293	0,325
Nöbbelev	0,038	0,014	0,002
Odensfors	0,034	0,005	0,001
Oldens kraftstation	0,545	1,118	1,272
Parki	0,126	0,016	0,018
Parteboda	0,124	0,156	0,648
Pengfors	0,219	0,385	0,995
Porjus	1,681	4,664	5,991
Porsi	0,753	1,701	0,948
Ramnäs	0,037	0,004	0,000
Ramsele	1,076	0,922	1,216
Randi	0,293	0,354	1,039
Rengård	0,178	0,235	0,409
Riebnes	0,307	0,786	0,775
Ritsem	0,506	2,847	2,319
Rottnen	0,111	0,152	0,154
Rusfors	0,198	0,343	0,382
Rätan	0,116	0,480	0,910
Röjdåforsen	0,174	0,329	0,291
Seitevare	2,075	1,418	1,479
Selsforsen	0,192	0,330	0,697
Sil	0,081	0,102	0,154
Sillre	0,056	0,057	0,131
Skallböle	0,201	0,126	0,305
Skedvi	0,174	0,205	0,104
Skeen	0,028	0,037	0,041
Skogaby	0,072	0,061	0,189
Skogaforsen	0,033	0,013	0,000

Kraftverk	max 365 dygn	max 28 dygn	max 1 dygn
	%	%	%
Skogsforsen	0,054	0,008	0,034
Skråmforsen	0,048	0,018	0,004
Skymnåsforsen	0,065	0,042	0,005
Skåpanäs	0,111	0,008	0,044
Skärblacka	0,079	0,011	-0,001
Slagnäs	0,055	0,055	0,013
Sollefteå	0,215	0,374	0,409
Spjutmo	0,105	0,179	0,038
Stadsforsen	0,677	0,688	0,818
Stalon	0,824	1,088	1,186
Stenkullafors	0,243	0,279	0,919
Stennäs	0,037	0,013	0,000
Stensele	0,423	0,385	0,490
Stensjön	0,362	0,864	0,834
Storfinnforsen	0,680	0,577	0,893
Stornorrfors	0,090	2,085	3,308
Storåströmmen	0,132	0,071	0,290
Stugun	0,173	0,169	0,150
Sunnerstaholm	0,036	0,019	0,023
Svarthålsforsen	0,351	0,373	0,347
Svartåfors	0,035	0,006	0,002
Sveg	0,130	0,050	0,369
Sädva	0,124	0,383	0,389
Sällsjö	0,891	1,481	1,421
Söderfors	0,104	0,028	0,044
Torpshammar	0,769	0,930	1,387
Torrön	0,142	0,184	0,194
Torsebro	0,051	0,011	0,001
Traryd	0,095	0,051	0,073
Trollhättan	1,432	0,724	0,550
Trångforsen	0,212	0,642	1,171
Trängslet	0,785	2,078	2,906
Tuggen	0,434	0,750	1,203

Kraftverk	max 365 dygn %	max 28 dygn %	max 1 dygn %
Turinge	0,042	0,167	0,304
Tvärforsen	0,067	0,009	0,164
Tåsan	0,305	0,358	0,386
Tåsjö	0,083	0,178	0,149
Tängner	0,033	0,008	0,000
Umluspen	0,556	0,665	0,733
Untra	0,230	0,086	0,191
Vargfors	0,510	0,778	1,901
Vargön	0,155	0,081	0,063
Vietas	2,360	2,447	1,965
Viforsen	0,060	0,025	0,000
Viksjöfors	0,011	0,005	0,031
Viskafors	0,043	0,011	0,001
Vittjärv	0,126	0,176	-0,004
VK6 Mackmyra	0,031	0,007	0,000
Volgsjöfors	0,074	0,085	0,312
Väsa	0,091	0,071	0,020
Vässinkoski	0,038	0,094	0,096
Yngeredsfors	0,177	0,024	0,094
Älviken	0,033	0,081	0,064
Åsele	0,107	0,128	0,280
Åsen	0,108	0,202	0,042
Åtorp	0,075	0,024	0,014
Älglund	0,035	0,008	0,000
Älvestorp	0,036	0,011	0,000
Älvkarleby	0,519	0,148	0,279
Ängabäck	0,039	0,024	0,063
Ätrafors	0,141	0,025	0,035
Öjeforsen	0,106	0,049	0,302

Kraftverk i klass 2, med relativt reglerbidrag på 0,01 procent eller högre, men lägre än 0,03 procent

Kraftverk	max 365 dygn %	max 28 dygn %	max 1 dygn %
Brynge	0,024	0,004	0,000
Drömme	0,015	0,009	0,029
Fors	0,018	0,002	0,000
Granö	0,014	0,000	0,000
Hemsjö övre	0,023	0,002	0,000
Högfors	0,010	0,002	0,001
Mången	0,014	0,003	0,000
Noreborg	0,022	0,008	0,000
Rundbacken	0,018	0,003	0,000
Björkborn	0,025	0,009	0,002
Blankafors	0,013	0,009	0,000
Blankaström	0,016	0,005	0,000
Borgvik	0,016	0,005	0,000
Borgärdet	0,026	0,004	0,000
Bosgården	0,012	0,003	0,000
Bångbro	0,016	0,004	0,000
Delary	0,011	0,000	0,000
Djupafors	0,013	0,005	0,000
Edsforsen	0,022	0,020	-0,001
Eldforsen	0,019	0,013	0,000
Fagersta	0,011	0,003	0,000
Fensbol	0,021	0,005	0,001
Finsjö Nedre	0,018	0,004	0,000
Fiskeby	0,027	0,011	0,003
Forshaga	0,014	0,005	0,000
Fröslida	0,010	0,003	0,000
Frötuna	0,016	0,002	0,000
Frövifors	0,022	0,002	0,001
Hansjö	0,015	0,006	0,002
Hemsjö Nedre	0,015	0,001	0,000

Kraftverk	max 365 dygn %	max 28 dygn %	max 1 dygn %
Horkoneryd	0,018	0,004	0,029
Hornsjö	0,022	0,004	0,000
Håverud	0,021	0,002	0,000
Hälleströmmen	0,021	0,005	0,000
Högfors Lit	0,021	0,011	0,009
Johannisholm	0,012	0,002	0,000
Jonsered	0,019	0,003	0,000
Kallinge	0,013	0,004	0,000
Klåvben	0,020	0,007	0,018
Kroppstadsfors	0,026	0,009	0,001
Kvarnforsen	0,010	-0,003	0,000
Lafssjö	0,004	0,009	0,013
Laggåsen	0,013	0,023	0,004
Lenninge	0,014	0,008	0,010
Lima	-0,007	0,025	-0,001
Lofsån	0,028	0,008	0,000
Morgårdshammar	0,010	0,002	0,001
Njura	0,019	0,006	0,001
Nykroppa	0,024	0,006	0,007
Pappersfallet	0,010	0,001	0,000
Rockesholm	0,016	0,009	0,000
Ronneby	0,017	0,003	0,000
Råda	0,014	0,012	0,004
Röbjörke	0,027	0,004	0,001
Rönnöfors	0,017	0,021	0,013
Seglingsberg	0,010	0,001	0,000
Semla	0,025	0,007	0,001
Solveden	0,014	0,002	0,000
Stjern	0,019	0,012	0,002
Storforsen	-0,004	0,011	0,000
Storå	0,020	0,009	0,000
Strömmen	0,011	0,003	0,000
Sävenfors	0,011	0,002	0,002

Kraftverk	max 365 dygn %	max 28 dygn %	max 1 dygn %
Tannefors	0,018	0,004	0,006
Timsfors	0,010	0,011	0,015
Tollered	0,029	0,013	0,002
Tolvfors	0,016	0,003	0,000
Torsby	0,023	0,015	-0,001
Tystupet	0,011	0,006	0,002
Uddnäs	0,010	0,003	0,000
Unnån	0,010	0,004	0,000
Västanfors	0,010	0,004	0,000
Västerkvarn	0,019	0,002	0,000
Västgöthyttfors	0,017	0,008	0,001
Åbyfors Valbo	0,025	0,006	0,000
Örling	0,016	0,009	0,002
Östanå	0,018	0,006	0,001