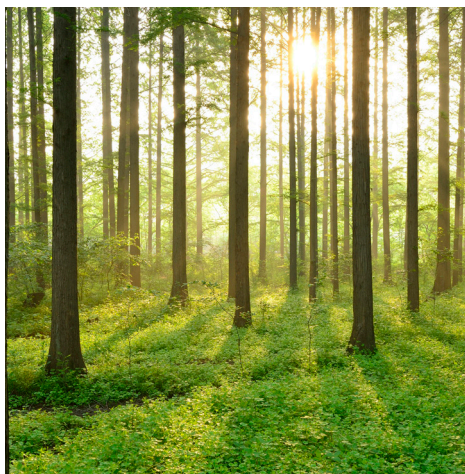


SYNTES AV KRAFT OCH LIV I VATTEN, KLIV

RAPPORT 2017:452



Syntes av Kraft och liv i vatten, KLIV

Omvärldsanalys, resultat och framtida
utvecklingsområden

ANNA RÖNNBERG, ANDREAS ARONSSON, PETER RIVINOJA OCH TOVE NORDLING

Förord

Motivet att genomföra en syntes av forskningsprogrammet Kraft och liv i vatten har varit att belysa de fortsatta forskningsbehoven. För att åstadkomma det har resultaten från projekten satts i ett större sammanhang genom att projektet också genomfört en omvärldsanalys av området.

Projektet bedrevs inom programmet Kraft och liv i vatten, KLIV. Programmet bekostas av vattenkraftföretagen, Havs- och vattenmyndigheten samt Energimyndigheten. I KLIVs programgrupp, som följer verksamheten, finns även Vattenmyndigheterna representerade.

Projektet har utförts av Sweco Energuide. Anna Rönnberg har varit projektledare och arbetet har utförts tillsammans med Andreas Aronsson, Peter Rivinoja, Tove Nordling och Emma Hagner.

Forskningsprogrammet styrgrupp (programgrupp) och tillika referensgrupp i projektet bestod av Johan Tielman (ordförande), Uniper AB, Birgitta Adell, Fortum AB, Angela Odelberg, Statkraft Sverige AB, Richard Holmgren, Vattenfall vattenkraft AB, Niklas Egriell, Havs- och vattenmyndigheten, Ingemar Perä, Vattenmyndigheterna Bottenvikens vattendistrikt, Linn Sjöström (adjungerad) Energimyndigheten, Fredrik Brändström (adj.), Energimyndigheten, Sara Sandberg (adj.), Energiforsk, Fredrik Martinsson (adj.), Energiforsk. Suppleanter var Inger Poveda-Björklund, Havs- och vattenmyndigheten, Erik Sparrevik, Vattenfall vattenkraft AB, Åke Henriksson, Uniper, Åke Bengtsson, Vattenmyndigheten i Bottenhavets vattendistrikt, Marco Blixt, Fortum AB och Mikael Lindström, Statkraft Sverige AB.

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet och publiceringen innebär inte att Energiforsk har tagit ställning till innehållet.

Sammanfattning

Denna rapport bygger på resultat som redovisats av de tre projekten FRAM-KLIV, EKOLIV, samt PRIO-KLIV. Projekten har pågått mellan åren 2014–2017 och ingått i det nationella forskningsprogrammet Kraft och liv i vatten, KLIV.

I rapporten sammanfattas de huvudsakliga resultaten från de enskilda delprojekten. Syftet avser dock i första hand att belysa vilka kommande utvecklingsområden som kan vara relevanta att fokusera sig på inom den fortsatta utvecklingen av hållbara åtgärder inom älvar reglerade för vattenkraft.

Syntesen är uppdelad i två delar, en omvärldsanalys och en som handlar om tänkbara framtida utvecklingsområden. Omvärldsanalysen presenterar det nutida kunskapsläget inom vattenkraftsområdet idag; vattenförvaltningen, Energiöverenskommelsen, den nationella strategin och lagförslaget Vattenkraft och vattenmiljö.

I de tre KLIV-projekten har de ingående forskargrupperna pekat på vissa kunskapsluckor och givit förslag på fortsatt utvecklingsbehov. Sweco har bl.a. med bakgrund av detta identifierat områden som framgent bör undersökas närmare och dessa är kort beskrivet relaterat till bl.a. följande ämnesområden:

Reglerkraft, Art och Habitatdirektivet, Tillämpade pilotstudier inom CBA, Metodik för kartläggning och uppföljning, Ekologiska flöden, Fiskvägar och Framtida klimatscenario.

Summary

This report is based on results provided by the three projects FRAM-KLIV, EKOLIV and PRIO-KLIV. In Sweden, these projects have been included in the national research program KLIV, administrated by Energiforsk, between the years 2014–2017.

This report summarizes the main findings of the specific projects. Yet, the overall aim with this report is to highlight potential future development topics that may be relevant to focus on in the continued development of restoration activities in hydropower regulated river.

The synthesis is divided into two parts, a compilation analysis and one that deals with future development areas. The compilation analysis presents the present state of knowledge within the hydropower area today; water management, energy agreement, national strategy and the bill water power and water environment.

In the three KLIV projects, the in-depth research groups have pointed to some knowledge gaps and have suggested further development needs. Sweco has among other things in the light of this identified areas as discussed above, these are briefly related to the following topics:

Regulating power, Art and Habitats Directive, Applied pilot studies within CBA, Methodology for mapping and monitoring, Ecological flows, Fishing routes and Future climate scenarios.

Innehåll

1	Introduktion	7
2	Metod	8
3	Omvärldsanalys	9
3.1	Pågående arbete inom vattenförvaltningen	9
3.2	Vattenkraft & förnybar energi i Energiöverenskommelsen	11
3.3	Lagförslag Vattenmiljö och vattenkraft	12
3.4	Nationell strategi	13
3.5	Fondlösning	13
3.6	Reglerbidrag	14
3.7	Pågående projekt	15
4	Framtida utvecklingsverksamhet	16
4.1	Reglerkraft – Säsong varierad & hela avrinningsområden	16
4.2	Art och habitatdirektivet (Natura 2000)	17
4.3	CBA-verktyget och pilotstudier	18
4.4	Metodik för kartläggning och uppföljning	19
4.5	Ekologiska flöden	21
4.6	Fiskvägar	23
4.7	Framtida klimatscenario	25
5	Slutsatser	26
6	Källor	28

1 Introduktion

Vattenkraften bidrar till att produktion av el i Sverige till stor del är klimatneutral. De reglerade älvarna i Sverige för vattenkraftproduktion har bidragit till att vi på ett tillfredsställande sätt kunnat nyttja källor som bland annat sol- och vindkraft. Då elproduktion från sol- och vindkraft är volatil behövs en produktionskälla som snabbt kan reglera, om vinden avtar eller det blir molnigt. Vattenkraftens miljöpåverkan medför dock svårigheter för olika nationer att uppnå bestämda miljömål. För Sveriges del inkluderar detta bland annat miljömålen "Levande sjöar och vattendrag" och kraven i EU:s ramdirektiv för vatten. Miljöproblemen med vattenkraft är relaterade till byggnation av fysiska barriärer som försvårar spridning av flora och fauna, samt förändringar i naturliga flödesmönster. **För att kunna göra hållbara miljöåtgärder och få mer vägledning i arbetet initierades forskningsprogrammet Kraft och liv i vatten (KLIV) som har pågått mellan 2014–2017.**

Forskningsprogrammet KLIV består av tre projekt.

- **FRAM-KLIV** – Projektledare Tore Söderqvist, Anthesis Enveco AB
Framtagande av relevant och användaranpassad samhällsekonomisk modell för miljöåtgärder för kraft och liv i vatten.
(Ett excelverktyg samt stöd för användaren inklusive en manual)
- **PRIO-KLIV** – Projektledare Roland Jansson, Umeå Universitet
Miljöförbättring i utbyggda älvar – en arbetsgång för att prioritera mellan åtgärder
- **EKOLIV** – Projektledare Leonard Sandin, SLU
Analysera ekologiska och samhällsekonomiska effekter av redan genomförda miljöåtgärder kopplade till vattenkraft för att ge ett underlag till ekologiska och ekonomiska strategier för optimering av åtgärder.

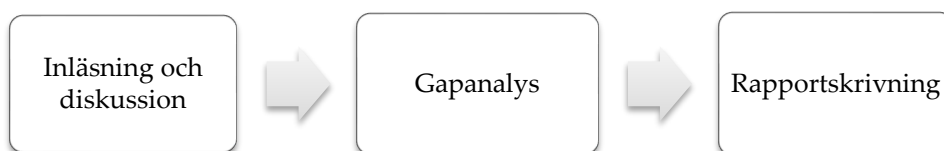
Syftet med denna syntesstudie är att utröna vilka steg som kan förväntas vara aktuella att belysa vid framtida miljöåtgärder inom vattenkraften. En omvärldsanalys presenteras för att redogöra för det nutida kunskapsläget inom ämnesområdet vattenkraft. Nationellt noteras att det händer mycket inom vattenkraftsområdet idag; vattenförvaltningen, Energiöverenskommelsen, den nationella strategin och kommande lagförslag. Denna studie utvärderar inte måluppfyllnaden i KLIV- projekten, utan fokus ligger på framtida utvecklingsprojekt.

2 Metod

Studien har delats upp i två delar, en omvärldsanalys och en del med fokus på tänkbara framtidsutvecklingsbehov.

Omvärldsanalysen är en litteraturstudie av befintligt underlag inom vattenkraft och miljö.

För framtidsdelen är de tre KLIV rapporterna, FRAM-KLIV (Tore Söderqvist, 2017), PRIO-KLIV (Birgitta Malm Renöfält, 2017), (Roland Jansson, 2017) (Åsa Widén, 2017) och EKOLIV (L. Sandin, 2017) underlag för vad nästa steg av lämpligt arbetssätt kan vara. Arbetsprocessen som användes presenteras i Figur 1.



Figur 1. Arbetsprocess syntes

Efter inläsning av de tre KLIV rapporterna utfördes en gapanalys för att identifiera vilka områden som bör prioriteras i syntesen. Som utgångspunkt för denna gapanalys användes Figur 2 för att identifiera områden som har utvecklingspotential baserat på resultaten från KLIV rapporterna. De belysta huvudområden inom KLIV-rapporterna summeras under de rubriker som presenteras i Kapitel 4.

Reglerkraft?	Forskning?	Miljöteknik (ex fisktrappor etc.)?
Miljö?	CBA-verktyget?	Samhällsnytta?
Vattenförvaltning?	Tillstånd?	Miljöekonomi?

Figur 2. Startmatris inför gapanalys

3 Omvärldsanalys

Vattenkraften har en viktig roll i Sverige när det kommer till hållbar elproduktion. Dess reglerförmåga har bl.a. medfört att annan volatil kraftproduktion så som vind- och solkraft, har implementerats i Sveriges energisystem. Vattenkraften har gjort att Sverige är ett föredöme när det kommer till att uppnå förnyelsebarhetsdirektivet, 2009/28/EG (Europaparlamentet, 2009). Målet i direktivet är att Sveriges användning av förnyelsebara energikällor ska vara minst 49% innan 2020. I den tredje rapporteringen enligt direktiv 2009/28/EG som Sverige lämnade till EU och den statistik som presenterades uppnår Sverige målen (Regeringskansliet, 2015). Andelen förnyelsebar energi var totalt 52,6 procent år 2014 och inom transportsektorn var andelen 19,2 procent. Vattenkraften är en stor bidragande orsak till att målen uppnås, under ett normalår står vattenkraften för cirka 45 procent av elproduktionen i Sverige (Energimyndigheten, 2017).

Med vattenkraften följer dock inte bara fördelar, även negativa miljöeffekter finns vilket har blivit tydligare synliggjort genom implementeringen av Ramdirektivet för vatten och Vattenverksamhetsutredningen. I denna omvärldsanalys presenteras nuläget inom vattenkraften i Sverige och vad som görs för att miljönytta och samhällsnytta ska kunna vägas samman för att kunna vidta relevanta åtgärder.

3.1 PÅGÅENDE ARBETE INOM VATTENFÖRVALTNINGEN

Vattenförvaltningens arbete är indelat i så kallade 6-årscykler, där den nuvarande cykeln i praktiken omfattar perioden 2017–2021. Vattenmyndigheterna meddelar miljökvalitetsnormer (MKN) och upprättar åtgärdsprogram för att uppnå beslutade normer. Undantag från kvalitetskraven meddelas i form av tidsfrister och lägre ställda kvalitetskrav, där det förstnämnda har tillämpats i bl.a. älvar som reglerats för storskalig vattenkraft. Tiden börjar dock rinna ut, då tidsfrister inte kan meddelas efter år 2027.

Med anledning av bland annat detta pågår ett intensivt arbete på olika fronter inom vattenförvaltningen. Senast 2018 ska det presenteras MKN och åtgärdsplaner för vattenkraftspåverkade älvar där det förekommer så kallade kraftigt modifierade vattenförekomster (KMV). Detta arbete görs i samverkan mellan myndigheter och verksamhetsutövare, för att belysa olika perspektiv och i så stor mån som möjligt presentera rimliga och ekologiskt relevanta åtgärder. En viktig aspekt är att kvalitetskravet för KMV, som uttrycks som god ekologisk potential (GEP) kommer att definieras i form av de åtgärder som föreslås på objektnivå. Sedan 2012 har det också genomförts så kallade dialogmöten för arbetet med att uppnå både energimål och miljömål, vilket administrerats av HaV (Havs- och Vattenmyndigheten).

Mycket av arbetet inom vattenförvaltningen, med tydlig koppling till vattenkraft, relateras till två rapporter som beskriver värdet av vattenkraftproduktion ur framför allt ett nationellt perspektiv. År 2014 utkom Energimyndigheten och HaV med rapporten "Strategi för åtgärder i vattenkraften", där energimål vägdes mot

miljömål och en systemvis ansats gjordes för att gruppera vattendragen efter dessa avvägningar.

En fortsättning av detta arbete resulterade 2016 i rapporten "Vattenkraftens reglerbidrag och värde för elsystemet". I denna rapport identifieras bland annat vilket reglerbidrag olika kraftverk bidrar med till energisystemet, något som i tidigare arbeten inte har presenterats annat än i kvalitativa termer och därför delvis förbigåtts. Med ett krav på ökad produktion av klimatneutral elkraft, företrädesvis i form av vindkraftsproduktion, tilltar vikten av att kunna reglera elsystemet med annan elkraft. I detta avseende är vattenkraften oöverträffad.

Som ett led i fördjupningen av förslaget till strategi för åtgärder i vattenkraften (HaV & Energimyndigheten, 2014) och dialogen så har fyra pilotprojekt startats upp för att testa metoder för prioritering och avvägning mellan intressena natur-energi-kultur. De fyra vattendragen som omfattas av pilotprojekten är Luleälv, Dalälven, Nissan och Emån. I juni 2017 finns två färdiga delrapporter och en under produktion med avseende på Dalälven, för de övriga vattendragen har ingen information påträffats.

Utöver de ovannämnda arbetena har det tagits fram ett antal rapporter som beskriver påverkan av vattenkraft och möjliga åtgärder för att förbättra miljöförhållandena i vattenkraftpåverkade vattenförekomster. I en rapportserie från 2013 (HaV, 2013 - A - E) presenterade HaV underlagsrapporter för vägledning gällande lämpliga försiktighetsmått och bästa möjliga teknik för vattenkraften. Som ett komplement till detta utredde Sweco 2015 på uppdrag av HaV vilka möjligheter som finns att regleringstekniskt bidra till mer ekologiska flöden i utbyggda vattendrag (Sweco, 2015). Slutsatserna kan sammanfattas med att möjligheterna att reglera flödet på den nivå som är aktuellt varierar stort mellan olika anläggningar, och att miljönyttan noggrant måste vägas mot andra intressen.

Sammanfattningsvis så pågår det på många håll ett intensivt arbete för att beskriva ekologiskt relevanta samt tekniskt och ekonomiskt rimliga åtgärder för att nå de kvalitetskrav som beslutats för respektive vattenförekomst där vattenkraften är den huvudsakliga påverkanskällan. Arbetet sker på olika skalor, från grundforskning/tillämpad forskning via utredningar i älvarna, till systemövergripande analyser på avrinningsområdesnivå (ARO) och nationell nivå. Utöver de mer övergripande rapporter och utredningar som nämnts ovan, väntas den så kallade Vattenverksamhetsutredningen från 2012 (Statens offentliga utredningar, 2013) leda till verkningar också inom vattenförvaltningen. Förslaget har dock en mer typisk inriktning mot tillsyn och omprövning, och inte en direkt koppling till vattendirektivet även om kravet på att uppnå god ekologisk status eller potential självfallet föranledde att en utredning påbörjades år 2012. Vad slutresultatet blir återstår att se, men mycket talar för att kraven på omprövning kommer att driva på arbetet med att miljöförbättra vattenkraften.

3.2 VATTENKRAFT & FÖRNYBAR ENERGI I ENERGIÖVERENSKOMMELSEN

I juni 2016 slöt inom Sveriges Riksdag den så kallade Energiöverenskommelsen (Energiöverenskommelsen, 2016). Viktiga övergripande mål från överenskommelsen omfattar bland annat att den svenska elproduktionen ska vara 100% förnyelsebar fram till 2040 samt att de svenska nettoutsläppen av växthusgaser ska vara noll senast 2045. I båda dessa mål ingår vattenkraften som en viktig komponent men framför allt så är vattenkraftproduktionen en bra reglerkraft till den intermittenta förnyelsebara sol- och vindkraftsproduktionen.

I överenskommelsen bestämdes att vattenkraften ska leva upp till EU-rätten och dess krav gällande vattenverksamhet. Sverige ska ha moderna miljökrav både gällande nyprövning och vid omprövning. Prövningssystemet måste förenklas så det inte blir oöverskådligt för den enskilde, administrativt och ekonomiskt i förhållande till miljönyttan. Utbyggnad av vattenkraften ska främst ske genom effekthöjningar i befintliga vattenkraftverk med moderna miljötillstånd.

Enligt energiöverenskommelsen ska fastighetsskatten sänkas till den nivå som övriga elproduktionsläggningar har, vilket är 0,5 % av taxeringsvärdet. Detta ska ske under en fyraårsperiod med start 2017. Men genom att vattenkraftbranschen får en mindre kostnad för fastighetsskatt ska de parallellt finansiera hela kostnaden för bland annat omprövning av verksamheter. Detta ska leda till att Sverige når upp till EU-rätten och kraven på vattenverksamheter. Detta arbete ska utgå från den fondlösning som Energimyndigheten och HaV har presenterat (Energimyndigheten & Hav, 2015), som beskrivs nedan i kapitel, 3.5.

I proposition "Skatteförslag med anledning av energiöverenskommelsen, prop. 2016/2016:142", föreslogs ändringarna gällande fastighetsskatten och den 17 maj sa Riksdagen ja till detta förslag. Första steget för minskning av fastighetsskatten för vattenkraftsproducenterna sker den 1 juli 2017.

I energiöverenskommelsen beslöts vidare att utbyggnaden av förnyelsebar elproduktion ska fortsätta. Elcertifikatsystemet förlängs och utökas till 18 TWh fram till 2030. I proposition "Nytt mål för förnybar el och kontrollstation för elcertifikatsystemet 2017, prop. 2016/2017:179" föreslogs ändringar till lagen om bland annat förlängning av elcertifikatsystemet till 2045 och en utökning av systemet med 18 TWh till 2030 jämfört med 2020 (Regeringen, 2017). Det föreslogs en upptrappning med 2 TWh per år med start 2022 till och med 2030. Den 20 juni 2017 antog Riksdagen denna proposition och lagändringen träder i kraft 1 januari 2018. Från och med 2012 har Sverige ett gemensamt elcertifikatsystem med Norge. Det gemensamma systemet går ut på att öka den förnybara elproduktionen med 28,4 TWh fram till 2020 (Utrikesdepartementet, 2011). Norge kommer inte att vara med på utökningen av systemet utan finansierar endast det redan slutna avtalet, där Norge finansierar 13,2 TWh och Sverige 15,2 TWh fram till 2020.

3.3 LAGFÖRSLAG VATTENMILJÖ OCH VATTENKRAFT

En promemoria avseende lagförslaget gällande tillståndshantering för vattenkraften och som utgår från energiöverenskommelsen och vattenverksamhetsutredningen, presenterades i slutet av juni 2017 (Miljö- och energidepartementet, 2017). Dokumentet är mycket omfattande (187 sidor) och nedan redovisas några av de förslag som Sweco bedömt vara relevanta för vattenkraften och föreliggande syntes.

Lagförslaget innebär att alla vattenkraftverk ska ha moderna miljötillstånd enligt miljöbalken. För att tillstånden ska fortsätta att vara moderna ska de omprövas vart tjugonde år eller annat tidsintervall. En nationell provningsplan ska upprättas, vilken ska ha ett nationellt helhetsperspektiv avseende vilka verksamheter som ska prövas och om det finns verksamheter som bör prövas samtidigt och när provningen senast ska ha startat. Planen ska innehålla en avvägning mellan behovet av miljöåtgärder och behovet på nationell nivå av att vattenkraften producerar förnyelsebar el och reglerkraft. Kulturmiljöfrågor ska likaså beaktas i denna plan. Ansvariga för att upprätta denna plan blir Havs- och vattenmyndigheten, Energimyndigheten och Svenska kraftnät och de ska samverka med berörda parter såsom Länsstyrelser, Kammarkollegiet och Naturvårdsverket. Planen kommer fungera som en vägledning för berörda myndigheter när det kommer till arbetet med provningar samt för vattenförvaltningen.

Har vattenkraftägaren inte ett modernt miljötillstånd för sin verksamhet så kan denne vänta med att ansöka om tillstånd tills det blir anläggningens tur enligt den tilltänkta planen. Många mindre kraftverksägare har tillstånd enligt "urminnes hävd" eller privilegiebrev, och dessa ägare ska ansöka om tillstånd enligt miljöbalken, alternativt utrivning av anläggningen. Vid provning av dessa ska hänsyn till påverkan på kulturmiljövärde tas med.

Det blir verksamhetsutövarna som ansvarar för att omprovning sker och betalar kostnaderna för att ta fram ansökan. Här kommer det finnas möjlighet för vattenkraftsproducenter att ansöka om medel för åtgärder från den tilltänkta bransch miljöfonden, beskrivet i kapitel 3.5. Verksamhetsutövaren ansvarar också för att ta fram underlag avseende rådande miljöförhållanden och vilken betydelse verksamheten har ur enskilt och allmänt intresse. För verksamheter som har uppenbar stor samhällsnytta så finns det möjlighet för Vattenmyndigheten att ge undantag i form av mindre stränga krav.

Senast den 2 oktober ska berörda lämna remissvar på lagförslaget och lagändringen är tänkt att träda i kraft den 1 mars 2018.

3.4 NATIONELL STRATEGI

2014 presenterades den nationella strategin som var ett samarbetsprojekt mellan Energimyndigheten och Havs- och Vattenmyndigheten (HaV). Syftet med att ta fram en nationell strategi var att hitta åtgärder för att minska vattenkraftens miljöpåverkan men ändå ha kvar en elproduktion som passar till framtida effekt- och energibehov. Strategin föreslog en avvägning mellan vattenkraft och vattenmiljö formulerad som ett begränsande planeringsmål för miljöförbättrande åtgärder i vattenkraftverk på högst 2,3 procent av vattenkraftens normalårsproduktion.

Den nationella strategin har vidareutvecklat sedan 2014, Energimyndigheten och Hav gjorde en utredning "Ett förslag till prövning av vattenkraftproduktion" där flera alternativ på finansiering presenteras bland annat med en fondlösning. En fondlösning presenterades först i vattenverksamhetsutredningen. Fondlösningens tilltänka utformning presenteras i kapitel 3.5.

Strategin har inget fokus på reglerbidrag, vilket sedermera ledde till att Svenska kraftnät, Energimyndigheten och Hav genomförde ett gemensamt projekt för att kartlägga den svenska vattenkraftens reglerbidrag och värde för elsystemet, se kapitel 3.6.

3.5 FONDLÖSNING

Fondlösningen som presenterades i juli 2017 är en realisering på Energiöverenskommelsen förslag på en lösning för att finansiera miljöåtgärder inom vattenkraftsindustrin. Genom att vattenkraftsproducenterna får en minskad fastighetsskatt finns förutsättningar för att en del av dessa pengar går till en miljöfond som ska finansiera miljöåtgärder.

De nio vattenkraftsföretagen som står för 97 procent av vattenkraftproduktionen i Sverige - Vattenfall, Uniper, Fortum, Statkraft Sverige, Tekniska Verken i Linköping, Skellefteå Kraft, Jämtkraft, Mälarenergi AB och Sollefteåforsen - har kommit överens om en fondlösning (Vattenkraftens Miljöfond, 2017). 10 miljarder kronor ska satsas under en period på 20 år. Som ersättning till verksamhetsutövare för miljöåtgärder betalas 85 procent av kostnaderna och 95 procent av produktionsförluster av normalårsproduktion från fonden. Alla vattenverksamheter med vattenkraftsproduktion kan ansöka om ersättning för processkostnader vid omprövning och för kostnader vid miljöåtgärder. En viss retroaktivitet kommer att tillämpas. Det är tänkt att fonden ska etableras i början av 2018 men ett definitivt beslut tas efter att riksdagen har beslutat om lagförslaget beskrivet i 3.3.

3.6 REGLERBIDRAG

2016 presenterades rapporten "Vattenkraftens reglerbidrag och värde för elsystemet" som var ett gemensamt projekt mellan Energimyndigheten, Svenska kraftnät och HaV (Energimyndigheten, Svenska kraftnät och Havs- och Vattenmyndigheten, 2016).

Denna rapport presenterar samhällsnyttan för elsystemet som vattenkraftens reglerbidrag ger upphov till. Den är tänkt att fungera som ett stöd till Vattenmyndigheterna och Länsstyrelserna i deras arbete med vattenförekomster som klassas som kraftigt modifierade (KMV) och i beslutandet om vattenförekomsters miljö kvalitetsnormer. Metoden som har använts för att klargöra ett kraftverks reglerbidrag grundas på *det relativa reglerbidraget*, ett mått som Vattenfall har tagit fram. Måttet syftar till att mäta huruvida elproduktionen i ett eller flera vattenkraftverk följer nettoanvändningen av el. Man har sedan kategoriserat vattenkraftverk i tre olika klasser beroende på graden av reglerbidrag. Reglerbidraget varierar enligt metodiken mellan 1 till -1 och det är historiskt data som har använts för att komma fram till ett resultat vid de olika klassningarna. Till klass ett tillhör de kraftverk med störst reglerbidrag (totalt 255 kraftverk). Dessa anläggningar har stor samhällsnytta och bör inte omfattas av betydande miljöåtgärder som påverkar reglerförmågan. Eventuella åtgärder som krävs för att dessa kraftverk ska uppnå god ekologisk potential kan påverka produktionen och indirekt den nationella reglerkraften. I klass två ingår 78 kraftverk vilka i allt väsentligt har samma värde för reglersystemet som anläggningarna i klass ett. Det kan dock finnas anledning att utföra mer djupgående utredningar för att besluta om vilka miljöåtgärder som kan vara relevanta. I klass tre återfinns ca 1700 kraftverk och dessa bidrar i mycket begränsad omfattning till möjligheterna att reglera elsystemet, på grund av detta bör dessa inte förklaras som KMV eller få lägre ställda krav som.

Konsekvenserna av bristande förmåga att reglera energisystemet kan vara storskaliga - t.ex. att vindkraften inte kan byggas ut i föreslagen takt - eller att det under kortare perioder inte finns möjlighet att reglera energisystemet vid plötsliga behovstoppar (t.ex. extremt kalla vinternorgnar när behovet av energi under kortare perioder ökar markant). Till följd av detta kan elförbrukare behöva kopplas bort från elsystemet. Energisystemet är dock mycket komplext och en rad andra konsekvenser utöver de exempel som nämns ovan kan förväntas uppstå i situationer då en bristande reglerförmåga uppstår.

3.7 PÅGÅENDE PROJEKT

Som nämns i 3.1 Pågående arbete inom vattenförvaltningen så har fyra pilotprojekt startat upp för att testa metoder för att prioritera och avväga mellan natur-energi-kultur. De fyra vattendrag som berörs är Lule älv, Dalälven, Nissan och Emån. Projekten startade 2015 på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten där projekten i Luleälven, Nissan och Emån ska presentera resultaten under 2018. Projektet i Dalälven ska presenteras i början av 2019.

Ett annat forskningsprogram samordnat av Energiforsk är Krafttag ål. Målet med detta projekt är att utveckla tekniker för att minska vattenkraftens påverkan på ålbestånd. Resultat från forskningen som har pågått under den senaste programperioden kommer att presenteras i december 2017 (Energiforsk, 2017). Ytterligare arbeten som berört nedströmsvandring av fisk har utförts av Karlstad universitet i Klarälven. Detta har skett i samarbete med bl.a. Norge och belyst passageproblem för både laxsmolt och utlekt vuxen lax (kelt).

Sweco har i samband med andra genomförda synteser konstaterat att det utanför Sverige bedrivs forskning kring vattenreglering och biologisk mångfald i bland annat Norge och Kanada. Mycket av forskningen i Norge samordnas genom CEDREN (Centre for Environmental Design of Renewable Energy) där man har som mål att öka kunskapen om miljöpåverkan från vattenkraften. Detta inkluderar en utveckling av verktyg och metoder för att analysera effekterna av potentiella åtgärder för att mildra vattenkraftens påverkan. Studier genomförs exempelvis för att tillhandahålla riktlinjer för miljömässigt acceptabla minimiflöden och samtidigt optimera kraftproduktionen. I samband med förväntade framtida klimatförändringar bedöms även korttidsregleringens miljöpåverkan (med snabba och frekventa flödesförändringar vid drift av vattenkraftverk), samt effekterna av predikterbara ökade flöden och vattentemperaturer.

I Kanada används för närvarande en s.k. "species-by species approach" för att förbättra förvaltningen av naturligt förekommande artssammansättningar inom ekosystem (Hydro-Québec, 2015). Detta inbegriper miljökonsekvensbeskrivningar (MKB, Environmental Impact Assessments EIA), samt uppföljningsstudier och forskning kring olika miljöfrågor. Dessa studier visar ett lovande tillvägagångssätt och har gjort det möjligt att mäta förändringar i naturmiljön och även övervaka statusen för vilda djurpopulationer. Under de kommande åren kommer dessa resultat att utvärderas ytterligare genom s.k. "Life Cycle Analysis" (LCA) för att utveckla modell-verktyg som kan förutsäga förväntade effekter av vattenreglering på vattenlevande organismer. Metodiken kan genom framtida kalibrering förväntas bli värdefull att använda i olika regioner runt om i världen.

Endast några pågående projekt nämns i detta kapitel, det pågår andra projekt som inte omnämns i denna rapport.

4 Framtida utvecklingsverksamhet

I de tre KLIV-projekten har de olika forskargrupperna påvisats vissa kunskapsluckor och förslag på fortsatt arbete har föreslagits. Sweco har även identifierat områden som bör undersökas närmare, vilket redovisas i detta kapitel. I figur 3 sammanfattas alla områden utan någon inbördes ordning eller prioritering. De områden som har identifierats i denna syntes är av varierande art och det är svårt att sätta en särskild prioriteringsordning på vad som är viktigast att utreda initialt.

Reglerkraft	Art och Habitatdirektivet	CBA-verktyget och pilotstudier	Metodik för kartläggning och uppföljning
Ekologiska flöden	Fiskvägar	Framtida klimatscenario	

Figur 3. Områden som uppmärksammas i denna syntes

4.1 REGLERKRAFT – SÄSONGSVARIERAD & HELA AVRINNINGSSOMRÅDEN

Inom PRIOKLIV har brister uppmärksammas gällande information om regleringsbidrag. Bland annat beskrivs bristerna med användandet av metoden med det relativa reglerbidraget (se kapitel 3.6) och dess aktuella utformning. I den redovisade metoden används endast statistik över året men för att kunna jämföra med den ekologiska nyttan skulle den behöva redovisas säsongsanpassad (höst, vinter, vår och sommar) och veckovis. Tanken med ekologisk reglering är att utgå från hela avrinningsområden till exempel hela Luleälven, inte enskilda vattenkraftverk. Då en flödesändring i ett kraftverk eller reglermagasin i älven kommer påverka att intilliggande kraftverk, skulle man behöva se till hela avrinningsområden även när det gäller utvärdering av reglerbidrag.

Att räkna fram reglerbidrag från hela avrinningsområden och få det redovisat på säsons- eller veckovis basis, torde dock enligt källor inte vara något problem (Jesper Nyberg, Svenska kraftnät; muntl.). Det går att undersöka idag. Men ett problem är att vi endast vet det historiska reglerbidraget och att det är svårt att vet hur mycket reglerförmåga som behövs i framtiden, kraftsystemet i Sverige ändras kontinuerligt. Svenska kraftnät vet inte heller hur nära vattenkraften är sin gräns för den samlade reglerförmågan eftersom både denna och behovet är dynamiskt och varierar över tid. Man vet i dagsläget inte heller hur ett nationellt mål eller minimikrav för vattenkraftens reglerförmåga skulle kunna definieras. Allt detta bör utredas.

Den nationella strategins begränsande planeringsmål för miljöförbättrande åtgärder i vattenkraftverk är på högst 2,3% av vattenkraftens normalårsproduktion. Kan ett sådant krav behövas för reglerförmåga? Hur mycket kan vi vara utan vid miljöförbättrande åtgärder?

För att kunna utreda detta kan modeller behöva utvecklas och Svenska kraftnät bör vara delaktig eftersom de har nationellt ansvar över balansen i elsystemet.

4.2 ART OCH HABITATDIREKTIVET (NATURA 2000)

I FRAM-KLIV beskrivs att Natura 2000-områden kan tas med som separat sidoinformation i CBA: n. KLIV-projekten har däremot inte djupare analyserat presumtiva konflikter mellan vattenkraft och annan EU-lagstiftning utöver Vattendirektivet som kan vara av relevans. I en kartläggning av Sweco har ett femtiotal Natura 2000-områden identifierats i Vattenregleringsföretagens verksamhetsområde (VRF), där bevarandemålen står i tydlig konflikt med reglering av älvarna och elproduktion. För ungefär lika många områden föreligger potentiella konflikter, beroende på hur de generella formuleringarna i bevarandeplanerna ska tolkas. Kopplade till dessa områden finns ett flertal kraftverksanläggningar med högt reglerbidrag (klass 1 och 2).

Kartläggningen visar att omfattningen av intressekonflikter är stor, och att detta kan utgöra ett underskattat och hittills odefinierat problem för kraftindustrin. Flera åtgärder som föreslås i bevarandeplaner för Natura 2000-områden skulle ge direkt påverkan på produktionen och reglerbidraget, och kan medföra konsekvenser både vid enskilda anläggningar och på systemnivå för vissa älvar. Föreslagna åtgärder kan vidare innebära konsekvenser för befintliga KMV (kraftigt modifierade vatten) eftersom kraven kan komma att skärpas när åtgärder har genomförts, liksom att förklarande av nya KMV väsentligt kan försvåras om hänsyn ska tas till kraven i både Vattendirektivet och Art- och habitatdirektivet.

Således kommer det framgent bli viktigt att:

- synkronisera kraven i bevarandeplaner med de krav som ställs av Vattendirektivet
- utreda huruvida krav som ställs i bevarandeplaner är relevanta för att nå gynnsam bevarandestatus, samt förenliga med senare års utredningar avseende vattenkraftens samhällsnytta
- utreda om de åtgärder som föreslås i bevarandeplaner (som ofta är tiotalet år gamla) är förenliga med vad som idag anses vara BMT (bästa möjliga teknik)
- utreda och tydligt beskriva möjliga konsekvenser (för samhället) som en följd av att bevarandemål och föreslagna åtgärder ska uppnås
- utreda vilka åtgärder inom vattenkraften med avseende på förändrad flödesmängd- och hastighet som krävs för att uppnå gynnsam bevarandestatus för utpekade arter och naturtyper. HaV:s rapport 2017:15 indikerar att kunskapsluckorna för många sötvattensanknutna arter är stora

Sammanfattningsvis rekommenderar Sweco att det genomförs en nationell översyn så att kopplingen mellan Vattendirektivets intentioner och Art- och Habitatdirektivet blir klagjord och tydligt uttalad i de bevarandeplaner som omfattar limniska ekosystem. I ett sådant arbete bör exempelvis Naturvårdsverket, Havs- och vattenmyndigheten, länsstyrelserna och Vattenmyndigheterna delta. I ett senare skede bör myndigheterna samverka med verksamhetsutövare så att rimliga och relevanta åtgärder beskrivs i planerna. För att åstadkomma detta kan industrin exempelvis bidra med beräkningar av produktionsbortfall och påverkan på reglerbidrag, samt beskrivningar av eventuell annan påverkan på samhällsnyttan.

4.3 CBA-VERKTYGET OCH PILOTSTUDIER

CBA-verktyget FRAM-KLIV

FRAM-KLIV beskriver ett verktyg som tagits fram för att kunna utföra samhällsekonomiska lönsamhetsbedömningar av miljöåtgärder i vattendrag. Verktyget utgår från kostnads-nyttoanalys (Cost-benefit analysis, CBA) vilket förenklat innebär att kostnader och nyttor översätts till monetära termer för att vägas mot varandra.

CBA-verktyget utgörs av två delar, ett Excel program, som utför beräkningar utifrån de uppgifter som matas in samt ett stöd för användaren. Stödet består av en kortfattad manual till Excel programmet samt hjälptexter och hjälpprogram. Stödet hjälper användaren att ta fram de uppgifter som ska matas in i Excel programmet och att tolka resultaten av Excel programmets beräkningar.

Målet är att CBA-verktyget ska användas av länsstyrelser, konsulter och kraftbolag för att kunna avgöra samhällsnyttan av olika miljöåtgärder. Alternativa åtgärder ska kunna jämföras mot varandra och resultaten ska kunna användas som en del i ett större beslutsunderlag för om åtgärden bör utföras.

För att kunna använda CBA-verktyget rekommenderas grundläggande kunskaper om CBA. Det rekommenderas i FRAM-KLIV att användaren sätter sig in i CBA genom inläsning av nyutkommen litteratur på området. I FRAM-KLIV finns tips på lämplig litteratur. Med en grundkunskap inom CBA ska en användare kunna utföra en CBA-analys med hjälp av verktyget och tillhörande stödtexter och stödmodeller.

I rapporten beskrivs att en svårighet med användning av verktyget är brist på data gällande påverkan på ekosystem. Rapporten tar även upp att det råder brist på enkla, generella modeller för att kvantifiera alla tänkbara miljöåtgärder för att kunna jämföra dem mot varandra. Modellerna är ofta anpassade efter den specifika frågeställningen vilket inkluderar de förhållanden som råder på just den plats där åtgärderna var tänkta att utföras. För att kunna tillämpa sådana specifika modeller på ett annat vattendrag eller vid ett annat vattenkraftverk behövs vanligen omfattande mätningar för att få tillräckligt med underlagsdata. Här är möjligen ett område där gemensam forskning kan ersättas av bilateral utveckling gällande ett specifikt projekt.

Rapporten beskriver att en annan brist med CBA generellt är att vissa aspekter inte tas med. Ett exempel på en sådan aspekt är miljöetiska aspekter, miljövärden som har ett värde i sig och inte bara för samhället och människan. För att få med dessa aspekter kan en multikriterieanalys göras, där kan resultatet från CBA-analysen användas som ett kriterium. Ett förslag från Sweco är att CBA-verktyget kompletteras med ett verktyg för att utföra en multikriterieanalys, att det finns möjlighet att göra både en CBA och en efterföljande multikriterieanalys i samma verktyg. Detta för att göra det enkelt för användaren att komplettera med en multikriterieanalys vid behov. FRAM-KLIV nämner också att en brist med CBA är att olika samhällsgrupper klumpas ihop, det kan finnas ett värde i att särskilja dessa då vissa samhällsgrupper kanske ska prioriteras mer än andra, exempelvis låginkomsttagare eller samhällsgrupper i annan utsatt situation. För att se hur

nettonuvärdet (NNV) fördelar sig mellan olika grupper i samhället kan man göra en fördelningsanalys. I CBA-verktyget finns därför möjlighet att utföra en sådan.

Sweco anser att även om CBA-verktyget har vissa brister kan det finnas ett värde med att ha ett gemensamt verktyg som används vid bedömning om vilka miljöåtgärder som ska utföras i reglerade vattendrag. Rapporterna som skapas vid användning av verktyget kommer att ha samma upplägg och kunna jämföras mot varandra och användas som hjälp vid framtagande av nya rapporter. Efterhand är det möjligt att en större databank för värdering av och påverkan på ekosystemtjänster byggs upp i och med att fler studier görs. Ett behov av att specificera vilka ekosystemtjänster som finns vid vattendrag med vattenkraft och dammar. Vidare vill Sweco framhålla att den föreligger en risk med att sätta monetära, kvantitativa värden på ekosystemtjänster då antaganden efterhand kan ses som en sanning. Även om tidigare studier kan fungera som hjälp och inspiration är separata studier för specifika projekt erforderliga för att belysa de unika förutsättningarna som råder på enskilda platser. I sammanhanget noteras att samhällsekonomiska bedömningar med olika CBA-verktyg genomförts både i Finland (t.ex. Thule institutet vid Uleåborgs universitet) och Norge (CEDREN), vilka skulle kunna införlivas i ett nordiskt samarbete.

Pilotstudier inom CBA

FRAM-KLIV beskriver ett verktyg för samhällsekonomisk lönsamhetsbedömning av miljöåtgärder i vattendrag (CBA). Eftersom verktyget är relativt komplicerat och kräver mycket indata föreslår Sweco att ett antal pilotprojekt initieras där verktygets funktionalitet kan testas. Projekten bör omfatta olika typer av objekt med avseende på geografi och skalor vad avser exempelvis storleken på vattendrag, regleringspåverkan och den aktuella verksamhetens funktion och storlek.

Det är först vid test av verktyget i verkliga situationer som en utvärdering av användbarheten kan göras. Det är viktigt att beskriva tids- och resursåtgång vid pilotstudierna, för att se om arbetsinsatsen står i paritet med förväntat resultat. Eftersom det sannolikt kommer att krävas omfattande arbetsinsatser för inhämtande av indata med avseende på ekologiska parametrar, om det ens finns data att få tag på, så finns det en risk för att verktyget i praktiken kommer att beskriva ekologiska nyttor i monetära termer i en alltför liten utsträckning.

4.4 METODIK FÖR KARTLÄGGNING OCH UPPFÖLJNING

I detta stycke beskrivs några av de kunskapsluckor avseende metoder och metodik som Sweco särskilt vill lyfta fram som exempel på framtida forskningsområden.

Metoder för att utvärdera åtgärder och användandet av historiska data bör utvecklas. Som nämns i PRIOKLIV kan det ta 5–20 år innan en tänkt åtgärd kan förväntas ge en respons på t.ex. fiskbestånd. Det framgår från rapporterna inom både EKOLIV och PRIOKLIV att gängse metoder för att utvärdera de förväntade effekterna av olika åtgärder generellt är otillräckliga. Här kan ett framtida upprättande av robusta kontrollprogram med relevanta datainsamlingar vara ett verktyg för att erhålla tillförlitliga data. I bägge rapporterna konstateras att det kan

vara svårt att finna en målbild över referensförhållanden, d.v.s. vad man kan förväntas uppnå både fysiskt och biologiskt efter en åtgärd. I PRIOKLIV poängteras att ett samarbete mellan aktörer krävs för att definiera en målbild för en åtgärd. Detta förutsätter då enligt projektet en samverkan mellan myndigheter, kraftverksbolagen, samt andra intressenter.

Inom PRIOKLIV användes för Umeälven ett tillvägagångssätt enligt SAM "Strategic Adaptive Management". Verktöget benämns vara använt i olika delar av världen och kan liknas vid det arbetssätt som förespråkas inom EU:s ramdirektiv för vatten. Inom PRIOKLIV betonas vikten av att arbeta inom hela ARO med bl.a. kartläggning av naturvärden och rådande regleringsmönster, vilket t.ex. genomförts för Umeälven. I rapporterna listas olika metoder för att utvärdera hydrologisk påverkan genom att analysera data över reglertekniska variabler. Syftet med detta är då att identifiera åtgärdsutrymmet för att utforma potentiella ekologiska flöden och därefter även analysera åtgärdernas effekter. Kartläggningarna genomförs på ARO-nivå och inbegriper såväl biologiska parametrar som rådande scheman för energiproduktion i syfte att identifiera flaskhalsar inom systemen. För flödesanalyser listas verktyg som IHA, IAHRIS, samt DHRAM där den senare modellen nyttjats praktiskt inom projektet kring Umeälven. I rapporterna påpekas dock att traditionella modeller vanligen inte kan belysa effekter av korttidsreglering (på timbasis) på flora och fauna. I rapporterna nämns dock att finare verktyg eller index-beräkningar kan ge tillräcklig information för detaljerade analyser under förutsättningarna att data på vattenföring är korrekt. Inom projektet påpekas att de mest tillförlitliga uppgifterna på flöden sannolikt erhålls från mätningar av kraftindustrin medan även SMHI kan bidra med modellering enligt S-Hype.

Historiska data

Att fastställa något *""naturligt tillstånd""* är ofta mycket svårt, särskilt i vattendrag och sjöar i södra delen av Sverige, där mänskliga verksamheter ofta bedrivits sedan medeltiden.

Bedömningen av huruvida ett vandringshinder historiskt har varit passerbart eller inte blir i de flesta fall subjektiv och i viss mån godtycklig, då historiska data om fiskförekomst uppströms och nedströms hindret och om fallets utseende före mänsklig påverkan i många fall saknas eller är svårtillgängliga. Frågan är således hur referensförhållandet ska kunna fastställas på något transparent och förutsägbart sätt?

Ett intressant område för vidare forskning och utveckling skulle kunna vara att försöka utveckla en metodik för detta. Sweco har genomfört flera studier där omfattande arkivmaterial (tillbaka till 1500–1600-talet) har studerats, vilket i några fall har gett ny information om forsars historiska morfologi och passerbarhet för fisk. Det är dock i många fall en kostsam och tidsödande hantering, med osäkert utfall.

Uppföljning av åtgärder

EKOLIV-rapporten konstaterar att uppföljning är mycket viktigt för att kunna ge rekommendationer för framtida åtgärder, och att det finns brister i dagens metoder i att följa upp åtgärder.

I rapporten ger författarna rekommendationer om att de åtgärder som genomförs framöver i betydligt större utsträckning bör fokusera på att återställa naturliga habitat och naturliga processer i sjöar och vattendrag, vilket innebär att man i större utsträckning bör mäta och utvärdera indikatorer kopplade till naturligheten hos habitatet eller processer kopplade till ekosystemet snarare än populationsstruktur hos enskilda arter. I både EKOLIV och PRIO-KLIV omnämns att arbetssättet med BACI (Before-After, Control-Impact) är användbart, men inom EKOLIV konstateras att det inom Sverige i nuläget inte finns nog med tillförlitliga data för att genomföra adekvata uppföljningar av olika genomförda åtgärder.

Det kan utifrån sammanställningen i EKOLIV konstateras att majoriteten av de restaureringsåtgärder som utförts i Sverige har utförts med öring som målart (83 % av de inkluderade fallen). Denna begränsade fokus på en specifik art riskerar att leda till en snedvriden uppföljning som missar att fånga upp andra viktiga aspekter av påverkan från befintlig vattenreglering och förändringar i denna. Det är därför positivt att EKOLIV tar upp att fokus bör flyttas från enskilda arter till habitat och processer.

Att utforma sådana åtgärder, som mäter de processer som är relevanta och samtidigt uppfyller kraven på vetenskaplighet, är sannolikt en relativt komplex uppgift. Den borde med fördel kunna samordnas på nationell nivå, för att säkerställa en ändamålsenlig utformning. En annan fördel med en samordningsfunktion för uppföljning av åtgärder är att sannolikheten ökar för att man får kontinuitet i uppföljningen, vilket annars kan vara ett problem, särskilt mot bakgrund av att det, vilket också konstateras i rapporten, kan ta betydligt längre tid innan man får mätbara effekter än vad man hittills räknat med i utformningen av uppföljningsprogram.

Vidare har det visats sig att dagens bedömningsgrunder, som använder data från standardiserade provtagningsmetoder, generellt är trubbiga och i synnerhet vad avser att beskriva status för regleringspåverkade vattensystem. En revision av bedömningsgrunderna har pågått under senare år, men utveckling av särskild provtagningsmetodik och specifika bedömningsgrunder bör övervägas för att beskriva ekologin i regleringspåverkade vattensystem.

4.5 EKOLOGISKA FLÖDEN

Som framgår av rapporterna EKOLIV och PRIO-KLIV påverkar lokal hydraulik och vattendragsfårans morfologi de fysiska livsmiljöerna för akvatiska organismer, vilket i sin tur reglerar ekosystemens funktion. Därav dras slutsatsen att hydrologiska och geomorfologiska utredningar är en förutsättning för att relatera kvantitativ information till förväntad ekologisk respons på biologin.

Baserat på ovannämnda rapporter konstateras att vattenregleringens miljöpåverkan är relaterad till hur mycket regleringen avviker från naturliga

ursprungsförhållanden. Beroende på vattenregleringens utformning, vattendragtyp, samt ekosystemets sammansättning kan hydrologiska förändringar få varierande påverkan. Allmänt sett konstateras att älvars specifika hydromorfologi på olika sträckor påverkar både förväntad nytta av ekologiska flödesanpassningar såväl som rådande förutsättningarna för förekommande arter inom delområden. Här kan man t.ex. tänka sig vilka effekter ett ökat flöde i en torrlagd fåra kan få i jämförelse med en muddrad eller spräng kanal. Förståelsen kring ämnesområdet är således vital för att kunna prediktera effekterna av ekologiska flöden inom avrinningsområden. I rapporterna listas ett flertal parametrar och t.ex. noteras att hastigheten på förändringar i hydrologisk regim har betydelse för den påverkansgrad som ger effekter på ekosystemen.

En ekologiskt anpassad vattenreglering avser generellt en naturlig hydrologisk flödesregim. Flöden och vattennivåer anpassas därmed så att ekosystemens behov tillgodoses och att rådande miljö kvalitetsnormer kan följas. Inom PRIO-KLIV framförs olika modelleringsverktyg, bl.a. ProdRisk som nyttjats för att estimerar förluster i kraftproduktion i relation till ekologiska parametrar, benämnt som e-flows. Med beaktande av teknisk genomförbarhet bedöms att ekologisk reglering sett på avrinningsområdesnivå kan ge relativt stor ekologisk nytta utan större förluster i produktionsbortfall. I sammanhanget noteras dock att en ekologisk reglering i stora vattendrag och längs långa älvssträckor med ett flertal biflöden kan vara svår att omsätta praktiskt.

Inom EKOLIV redovisas data från 68 torrfåror med fastställd minimitappning och det konstateras att både fiskfaunan och den ekologiska statusen var högre i dessa i jämförelse med fåror utan fastställda kvar på minimumflöden. I sammanhanget noteras dock i de olika rapporterna att det inte går att hitta ett generellt samband för hur stor minimitappningen bör vara. Inom EKOLIV konstateras således att de studier som analyserats i deras meta-studie inte räcker till för att dra några slutsatser om minimitappningens storlek. Det förefaller inte som en osannolik slutsats att det inte är möjligt att finna ett sådant samband, då förutsättningarna mellan olika vattendrag varierar så pass kraftigt.

Inom projekten noteras samtidigt att vattenregleringens utformning skiljer sig stort vid jämförelse av t.ex. mindre vattendrag i södra Sverige kontra de stora Norrlandsälvarna. Baserat på ovannämnda rapporter dras slutsatsen att analyser bör inkludera hela avrinningsområden i alla berörda vattendrag. Sannolikt är det inte tillämpligt att generalisera åtgärder inom den storskaliga vattenkraften, men troligtvis är det även svårt att hitta generaliserbara samband även för små vattendrag. Ett möjligt tillvägagångssätt kan då vara att undersöka om det går att hitta samband kring vilka omgivningsvariabler som kan vara intressanta och av störst betydelse, så som t.ex. sjöprocent, lutning, vilken typ av geologi etc.

I de fall det helt enkelt inte är möjligt att åstadkomma en ekologiskt anpassad flödesregim som ligger inom den avvikelse från naturligt flöde som kan accepteras, t.ex. på grund av att reglerkraftintresset väger tungt, kan ett alternativt utredningsspår vara att undersöka möjligheterna att skapa konstgjorda vattenvägar, antingen av typen "spawning-channels" för att öka reproduktionsarealer, eller kanaler som leder bort snabba högflöden som

uppkommer till följd av korttidsreglering från känsliga områden, såsom gjorts t ex vid Årosforsarna i Gullspångsälven nedströms Gullspångs kraftverk.

Sweco konstaterar att de flödesförändringar som förekommer i reglerade vatten kan påverka vattenlevande organismer och orsaka begränsade mängder av lämpliga livsmiljöer. Effekterna av vattenkraft på biologin kommer sannolikt att variera beroende på byggnadstyp och specifik vattenmiljö. Kunskapen om långtidseffekter av reglering förefaller dock vara begränsad, vilket tyder på behovet av ytterligare forskning om övergripande ekologiska effekter i reglerade vattendrag. Dessa studier bör ta itu med förbättrade spridningskorridorer och miljöanpassade flödesregimer och inkludera bedömning av hela vattendragets avrinningsområde (vilket också var arbetssättet inom PRIO-KLIV).

4.6 FISKVÄGAR

I dag ställs ofta krav på fiskvägar i många tillståndsprövningar, ofta med hänvisning till historiska uppgifter om vandrande fiskpopulationer. Inför beslut om byggnation av fiskväg (och även vid val av konstruktion) är det således av vikt att klargöra historiskt eller numera förekommande naturliga målarter i systemet. Det är också viktigt att undersöka i vilken grad naturligt förekommande hinder historiskt sett har varit passerbara för olika fiskarter och det torde knappast vara skäligt att anlägga en fiskväg där det tidigare har varit ett naturligt vandringshinder.

Inom EKOLIV konstateras att anläggande av anpassade vandringsvägar kan understödja faunapassager vid olika av människan anlagda hinder. I sammanhanget nämns att naturliga passager vid dessa kan förväntas ge bäst vandringsframgång för huvuddelen av tänkta målarter av fisk. Här noterar dock Sweco att de fiskstudier som belyses inom rapporten fokuserat på analyser av lax och öring, samt att det data som nyttjats för analyser av omlöp baserar sig på elfisketätheter. Den nyttjade metoden med elfisken är knappast användbar i större reglerade älvar, utan här torde fiskräkning ge en bättre indikation på fiskvägseffektivitet.

Samtidigt som faunapassager generellt anläggs för att åstadkomma en vandring av inom vattendraget samtliga förekommande, eller historiskt vandrande fiskarter belyser dock EKOLIV och omnämns i PRIO-KLIV endast ett fåtal arter. Inom av Sweco utförda arbeten kring ämnesområdet förefaller det som att data för många vandrande fiskar, som t.ex. harr, sik, asp, flodnejonöga och lake är bristfälligt vilket försvårar analyser av åtgärder. Då ett flertal faktorer bör beaktas vid utformande av fiskväg i syfte att erhålla en hög vandringsframgång för så många arter som möjligt, torde en internationellt samordnad forskningsinsats inrikta sig på olika fiskarters beteende och simförmåga.

Det konstateras i EKOLIV att effektiviteten i avledningsanordningar för nedströms fiskpassage endast har studerats på ett fåtal platser. Det finns även en förskjutning mot mindre vattendrag och småskalig vattenkraft när det gäller studier av effektiviteten hos nedströmsavledare. Ett stort behov föreligger därmed kring utökad forskning på nedströmsavledning i stora vattendrag, där faktorer som

vattendragets bredd, drivgoods och isproblematik kan ge helt andra förutsättningar för nedströmsavledning av fisk jämfört med mindre vattendrag.

Sweco drar slutsatsen att effekter av vattenkraft på fisk kan mildras genom att installera lämpliga fiskpassager anpassade för olika målarter och alla livsstadier av fisk (upp- och nedströmsvandring), samt genom att undvika extrema variationer i lägsta och högsta flöden. Vi noterar att faktorer såsom lutning, vattenhastighet och bottenstruktur har stor relevans för fiskvägars funktion, medan den närliggande miljön av varierande grad styr populationsutvecklingen av olika arter. I EKOLIV och även PRIO-KLIV omnämns att en fiskväg i sig själv inte garanterar återskapande av vandrande fiskbestånd, speciellt inte i vattendrag som under lång tid påverkats genom t.ex. rensning och försurning. Här krävs tillräcklig mängd med lämpliga reproduktionsytor för tänkta målarter och att dessa uppnår tillfredsställande tätheter av fisk för arternas populationsdynamik. Från rapporterna framgår att vid vattenkraftverk som bara delvis dämmer och nyttjar merparten av vattenföringen, torde miljöförbättringar via fiskvägar och flödesanpassning vara enklare att uppnå än i större reglerade älvar. Genom biotopåtgärder i form av fiskvägar, bottenrestaureringar och flödesanpassningar kan många av de negativa effekterna på ursprunglig fiskfauna minimeras

Ofta framförs förekomst av vandrande öringbestånd som ett incitament för att anlägga fiskvägar. Om inga eller mycket få öringar leker i ett vattendrag nedanför ett vandringshinder är det därför ibland tveksamt om det är ekologiskt eller ekonomiskt motiverat att i första steget bygga en fiskväg. Utsättning av tillräckligt stora kvantiteter av rom/ung fisk under flera år kan behövas för att tätheterna ska nå upp till sådana nivåer att ett vandrande bestånd kan återskapas. Inom både EKOLIV och PRIO-KLIV nämns att effekten av fiskvägar på olika arters populationsstatus i ett vattensystem i hög grad beror på vilka habitat som tillgängliggörs för fisken vid anläggande av en fiskväg. Innebär fiskvägen att vattenområden som inte har något direkt värde ur reproduktionssynpunkt (t.ex. regleringsmagasin utan passande biflöden) erhålls så kommer åtgärder knappast leda till den eftersökta effekten på fiskfaunans ekologiska status. På samma sätt kommer, i vissa fall, inte effekterna av en enskild åtgärd vara meningsfull om det förekommer andra vandringshinder upp- och nedströms. Således framgår att det är viktigt med en helhetssyn och en tydlig målbeskrivning på vad man vill uppnå med en potentiell fiskvägsåtgärd.

Som konstateras i PRIO-KLIV, kan det behövas flera åtgärdscombinationer för både genomförande (i rapporten listas spannet från primära till tertiära) och uppföljning av åtgärder, samt adaptiv skötsel. Baserat på ovannämnda rapporter dras slutsatserna att bl.a. följande uppgifter är viktiga som underlag för att kunna göra väl underbyggda avgöranden om miljönyttan i relation till andra intressen:

- Ursprungliga förhållanden – artförekomst, passerbarhet m.m.
- Nuvarande förhållanden – artförekomst passerbarhet m.m. Graden och typen av hydrologisk och morfologisk förändring, hur regleringen har förändrat vattendraget.
- Artförekomst upp- och nedströms.
- Olika arters hotstatus och behov av att kunna vandra för att fullborda sin livscykel.

- Värdet och storleken av habitat som tillgängliggörs vid åtgärd.
- Bedömd effekt av åtgärd, för t.ex. vandrande öringbestånd krävs att tillräckliga tätheter av fisk uppstår för att vandrande bestånd ska återetableras.
- Kostnaderna för åtgärd i förhållande till verksamhetens storlek m.m. samt i absoluta termer.
- Annan samhällsnytta som påverkas – t.ex. fiskeintressen, förändrade risker m.m.

Följaktligen är det en betydande datamängd som krävs för att kunna göra sakliga bedömningar som innebär en bra avvägning mellan allmänna och enskilda intressen samtidigt som rättssäkerheten beaktas. Här återfinns ofta brister i de underlag som ligger till grund för myndigheternas klassificering av ekologisk och kemisk status, samt bedömningar av de ekologiska vinsterna med olika åtgärder. Ofta grundar sig t.ex. statusklassificeringar på ett fåtal data som representerar stora vattenområden och slutvärderingen utmynnar i en s.k. expertbedömning. Som nämnts inom PRIO-KLIV kan index för barriäreffekt och habitatfragmentering vara fördelaktigt att uträkna för ett flertal vattendrag.

4.7 FRAMTIDA KLIMATSCENARION

Baserat på information från av Sweco tidigare genomförda uppdrag sammanställdes information på hur en förändring i framtida klimat kan påverka den hydrologiska regimen i Sveriges vattendrag, samt vilka effekter detta kan få rådande vattenkraftproduktion. Härvid noteras att om medeltemperaturerna ökar så minskar snömängden, vilket i sin tur leder till en minskad vårflod. Grundat på att erforderliga data finns kan modellering nyttjas för att bedöma effekterna av klimatförändringar på den biologiska mångfalden i Sveriges vattendrag. Här kan en mängd modeller och metoder användas, inkluderande globala- och regionala klimatmodeller, vattenbalansmodeller och statistiska metoder. Sammanlänkade data och en kombination av modeller kan då nyttjas för att analysera effekterna av olika klimatscenarion. Dessa kan då nyttjas för att bl.a. prediktera klimatförändringarnas påverkan på vattenkraftproduktion och förväntade effekter på biologisk mångfald. Rådande kartläggningar av olika vattendragsmiljöer och flödesscenarier är ett steg framåt, dock förefaller det som att kunskapen om långtidseffekter av vattenreglering i förhållande till förutspådd klimatförändring i dagsläget är knapphändigt belysta. Sammantaget pekar detta på behovet av ytterligare forskning kring övergripande ekologiska effekter i reglerade vattendrag. Ett bredare samarbete på nordisk nivå mellan olika forskningsinstitut rekommenderas att förbättra forskningens kvalitet inom ämnesområdet.

5 Slutsatser

Sweco kan konstatera att KLIV-projekten har pågått under lång tid och genererat en inte oansenlig mängd information som har sammanfattats i tre slutrapporter. I respektive rapport finns en egen syntes (sammanfattning) och man har även identifierat kunskapsluckor och områden för framtida utvecklingsarbete. Mot bakgrund av detta har Swecos föreliggande arbete - Syntesstudie KLIV - inte varit helt enkel att avgränsa och paketera på ett stringent sätt. Studien har dock lett fram till vissa slutsatser, vilka i korthet sammanfattas nedan.

Omvärldsanalysen visar att det pågår en rad projekt och ett intensivt arbete med frågor som rör de områden som omfattas av KLIV, såväl nationellt som internationellt. Det pågår många parallella utredningar i Sverige, och antaganden som görs idag kan vara ogiltiga (helt eller delvis) kort efter att projekt och utredningar slutförts. Det är också tydligt att detta påverkar praxis vid avgöranden i Mark- och miljödomstolen (eller annan instans), då exempelvis vattenkraftsrelaterade domar från 2015 med tillhörande villkor inte har vägt in viktiga utredningar avseende vattenkraftens reglerbidrag och den nationella energiöverenskommelsen som presenterats 2016/2017. Detta är ofrånkomligt men visar på vikten av nationell samordning framförallt mellan olika myndigheter.

Att räkna fram **reglerbidrag** från hela avrinningsområden och få det redovisat säsongsanpassad eller veckovis är önskvärt och möjligt att göra redan idag. Ett problem är att vi endast vet det historiska reglerbidraget och att det är svårt att vet hur mycket reglerförmåga som behövs i framtiden, kraftsystemet i Sverige ändras kontinuerligt. Svenska kraftnät vet inte heller hur nära vattenkraften är sin gräns för den samlade reglerförmågan eftersom både denna och behovet är dynamiskt och varierar över tid. Man vet i dagsläget inte heller hur ett nationellt mål eller minimikrav för vattenkraftens reglerförmåga skulle kunna definieras. Detta är frågor som behöver belysas i en nära framtid.

Relevant miljölagstiftning omfattar krav på åtgärder från fler direktiv än Vattendirektivet, t ex Art- och Habitatdirektivet. Det krävs därför en nationell översyn så att kopplingen mellan Vattendirektivets intentioner och exempelvis Art- och Habitatdirektivet blir klargjord och tydligt uttalad i de bevarandeplaner som omfattar limniska ekosystem.

Inom FRAM-KLIV har ett **CBA-verktyg** tagits fram för att analysera och väga kostnader och nyttor mot varandra. Sweco välkomnar denna typ av instrument för att kvantifiera även miljönyttor, och rekommenderar vidare att verktyget testas i pilotprojekt som omfattar ett antal vattendrag med varierande förutsättningar. Man kan i denna kontext tänka sig ett nordiskt samarbete för att fånga in fler förutsättningar än vad som gäller för Sverige allena.

Fiskvandring är ett område där totalt sett stora resurser har lagts ner, både vad avser forskning men också i praktiska åtgärder. Det föreligger förvisso fortfarande brister i kunskapen kring uppströmsvandring för en rad fiskarter, men den stora kunskapsbristen kan hänföras till nedströmsvandring och i synnerhet avseende större vattendrag. Ett stort behov föreligger därmed kring utökad forskning på

nedströmsavledning, där faktorer som vattendragets bredd, drivgods och isproblematik kan ge helt andra förutsättningar för nedströmsavledning av fisk jämfört med mindre vattendrag. Inom projekten EKOLIV och PRIO-KLIV belyses inte detaljer kring utformning av fiskvägar i samband med storskalig vattenkraft. Allmänt sett rekommenderas dock fiskvägar med naturlig botten framför andra lösningar.

Ekologiska flöden kan vara en väg att förbättra statusen i reglerade vattensystem, då flödesförändringar som förekommer i reglerade vatten kan påverka vattenlevande organismer och orsaka begränsade mängder av lämpliga livsmiljöer. Sannolikt är det inte tillämpligt att generalisera åtgärder inom den storskaliga vattenkraften, och troligtvis är det även svårt att hitta generaliserbara samband även för små vattendrag. Kunskapen om långtidseffekter av reglering förefaller också vara begränsad, vilket tyder på behovet av ytterligare forskning om övergripande ekologiska effekter i reglerade vattendrag. Dessa studier bör ta itu med förbättrade spridningskorridorer och miljöanpassade flödesregimer samt inkludera bedömning av hela vattendragets avrinningsområde.

Metodik för att utvärdera åtgärder och användandet av historiska data bör utvecklas. Det framgår från rapporterna inom både EKOLIV och PRIO-KLIV att metoderna för att utvärdera de förväntade effekterna av olika åtgärder generellt är otillräckliga. Dessutom är det inte självklart alla gånger vad som ska följas upp, dvs. vilken målbild som gäller för en viss åtgärd. En vanlig orsak till detta är att referensförhållanden är mer eller mindre okända och att det finns föreställningar om hur ett vattendrag historiskt har sett ut och fungerat som livsmiljö för fisk och andra vattenlevande organismer. Ett förslag på framtida utvecklingsområde är att lyfta blicken från enskilda arter och utveckla metoder för att följa upp hydromorfologi och processer.

6 Källor

- Birgitta Malm Renöfält, Å. W. (2017). *Identifiering av påverkan, åtgärdsbehov och åtgärdspotential i vattendrag påverkad av vattenkraft* 2017:429. Energiforsk. Energiforsk. (den 29 Juni 2017). Hämtat från Krafttag ål: <http://www.energiforsk.se/program/krafttag-al/om-programmet/>
- Energimyndigheten & Hav. (2015). *Ett förslag till prövning av vattenkraftproduktion*. Stockholm: Energimyndigheten.
- Energimyndigheten. (den 15 09 2017). *Energimyndigheten*. Hämtat från <http://www.energimyndigheten.se/fornybart/stod-och-bidrag-pa-fornybartområdet/>
- Energimyndigheten, Svenska kraftnät och Havs- och Vattenmyndigheten. (2016). *Vattenkraftens reglerbidrag och värde för elsystemet*. Energimyndigheten.
- Energiöverenskommelsen. (Juni 2016). *Ramöverenskommelse mellan Socialdemokraterna, Moderaterna, Miljöpartiet de gröna, Centerpartiet och Kristdemokraterna*. Hämtat från Regeringen: <http://www.regeringen.se/contentassets/b88f0d28eb0e48e39eb4411de2aabe76/energioverenskommelse-20160610.pdf>
- Europaparlamentet. (2009). *Direktiv 2009/28/EG*. Europaparlamentet.
- HaV & Energimyndigheten. (2014). *Strategi för åtgärder i vattenkraften* 2014:14. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.
- HaV. (2013 - A). *Fiskvandring - arter, drivkrafter och omfattning i tid och rum* 2013:11. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.
- HaV. (2013 - B). *Ekologiska flöden och ekologiskt anpassad vattenreglering* 2013:12. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.
- HaV. (2013 - C). *Vägledning - reglering av fiske i marina skyddade områden* 2013:13. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.
- HaV. (2013 - D). *Anordningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar* 2013:14. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.
- HaV. (2013 - E). *Påverkan på strömlevande fisk av anlagda lugnvatten* 2013:15. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.
- Havs- och vattenmyndigheten. (2013). *Anordningar för upp- och nedströmspassage av fisk vid vattenanläggningar* 2013:14. Göteborg: Havs- och vattenmyndigheten.
- L. Sandin, E. D.-M. (2017). *Ekologiska och ekonomiska strategier för optimering av vattenkraftsrelaterade miljöåtgärder* 2017:450. Energiforsk.
- Miljö- och energidepartementet. (den 04 07 2017). *Regeringskansliet*. Hämtat från <http://www.regeringen.se/49f428/globalassets/regeringen/block/fakta-och-genvagsblock/miljo--och-energidepartementet/promemoria-vattenmiljo-och-vattenkraft.pdf>: <http://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2017/06/helhetsyn-och-moderna-miljovillkor-for-vattenkraften--forsta-steget-i-genomforandet-av-energioverenskommelsen-gallande-vattenkraftens-miljopaverkan/>
- Regeringen. (2017). *Nytt mål för förnybar el och kontrollstation för elcertifikatsystemet* 2017 prop. 2016/2017:179. Stockholm: Regeringen.
- Regeringskansliet. (2015). *Sveriges tredje rapport om utvecklingen av förnybar energi enligt artikel 22 i Direktiv 2009/28/EG*. Regeringskansliet.
- Roland Jansson, E. D. (2017). *Evidensbaserad åtgärder för att restaurera ekologiska funktioner i reglerade vattendrag* 2017:430. Energiforsk.
- Statens offentliga utredningar. (2013). *Ny tid ny prövning – förslag till ändrade vattenrättsliga regler* SOU 2013:69. Stockholm: Statens offentliga utredningar.

- Sweco. (2015). *VATTENREGLERINGSTEKNIK FÖR EN MER EKOLOGISKT ANPASSAD VATTENREGLERING*. Sweco Energiguide.
- Svensk energi. (2015). *Elåret 2014*. Svensk energi (nu Energiföretagen).
- Tore Söderqvist, H. N. (2017). *Samhällsekonomisk lönsamhetsbedömning av miljöåtgärder i vattendrag 2017:428*. Energiforsk.
- Utrikesdepartementet. (2011). *Avtal med Norge om en gemensam marknad för elcertifikat*. Stockholm: Utrikesdepartementet.
- Vattenkraftens Miljöfond*. (den 04 Juli 2017). Hämtat från <http://vattenkraftensmiljofond.se/>
- Åsa Widén, R. J. (2017). *Ekologisk reglering 2017:449*. Energiforsk.

SYNTES AV KRAFT OCH LIV I VATTEN, KLIV

Här har man studerat resultaten från projekten i forskningsprogrammet Kraft och liv i vatten, KLIV mellan 2014 och 2017. Syntesen består av två delar. En omvärldsanalys som sätter resultaten i ett större sammanhang och en annan del som belyser vilka kommande utvecklingsområden som är relevanta att fokusera på inom den fortsatta utvecklingen av hållbara åtgärder i reglerade älvar.

Omvärldsanalysen presenterar det nuvarande kunskapsläget inom vattenkraften idag. Det handlar om vattenförvaltningen, energiöverenskommelsen, den nationella strategin och lagförslaget Vattenkraft och vattenmiljö.

Rapporten sammanfattar de huvudsakliga resultaten från de enskilda projekten, men syftet är framför allt att peka på eventuella kunskapsluckor och att ge förslag på fortsatt utvecklingsbehov inom området.

Ett nytt steg i energiforskningen

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



Energiforsk