

Handläggare

Anna-Karin Rasmussen
Miljöprövningsenheten
anna-karin.rasmussen@havochvatten.se

Datum 2025-12-16

Dnr 2025-000001

Regeringen
Klimat- och
näringslivsdepartementet

Uppdrag om kunskapsunderlag om vattenkraftens påverkan på ekosystem och arter

Redovisning av regeringsuppdrag *Kunskapsunderlag om vattenkraftens påverkan på ekosystem och arter.*

Havs- och vattenmyndigheten har fått i uppdrag av regeringen att utifrån befintligt kunskapsunderlag göra en sammanställning av kunskapen om vattenkraftens påverkan på ekosystem och hotade arter, bland annat ål, och om möjliga lösningar för fiskpassager. Myndigheten ska även belysa eventuella luckor eller brister i befintligt underlag, samt föreslå hur kunskapen vid behov kan utvecklas. Uppdraget inkom till HaV i regleringsbrevet för 2025 den 19 december 2024.

I redovisningen av uppdraget presenteras effekter som vattenkraftverksamheter medför på vattensystemen, inklusive ekosystem och hotade arter. Vidare presenteras möjliga lösningar för fiskpassager i ett eget avsnitt. Slutligen redogörs för kunskapsluckor och vidare utredningsbehov. Texten i redovisningen är kondenserad för att få en övergripande bild om vattenkraftens påverkan.

HaV konstaterar att det finns omfattande nationell och internationell vetenskaplig litteratur kring vattenkraftens övergripande påverkan. Det saknas dock uppföljning och analys av vattenreglering och vattenkraftens faktiska påverkan på regional och lokal nivå.

- Kunskapen om såväl fysiska processer, såsom sedimentprocesser och morfologiska processer samt effekter på fysikalisk-kemiska förändringar behöver utvecklas både hos verksamhetsutövarna och myndigheterna.
- Resultaten från forskning och utveckling om skyddsåtgärder tillämpas i jämförelsevis liten omfattning i miljöprövningarna. När det saknas kunskap om påverkan blir inte skyddsåtgärderna effektiva.
- Det finns inget krav på miljörapport där påverkan på vattenmiljön av vattenreglering på lokal nivå redovisas. Det saknas också standardiserade övervakningsmetoder för dessa områden.

Havs- och vattenmyndigheten överlämnar härmed uppdraget.

Beslut i detta ärende har fattats av generaldirektören Anna Ledin efter föredragning av avdelningschefen Niclas Törnell. I den slutliga handläggningen av ärendet har även enhetschefen Johan Stål, utredarna Ivi Bjärås och Anna-Karin Rasmussen, sakkunnig Johan Kling samt verksjuristen Martin Jansson medverkat.



Anna Ledin

Innehåll

Redovisning av regeringsuppdrag

Uppdrag om kunskapsunderlag om vattenkraftens påverkan på ekosystem och arter

1.	Inledning.....	4
1.1.	Sveriges vattenkraft.....	4
1.2.	Vattenkraftens påverkan på vattendragen och sjöarnas funktioner och strukturer .	7
2.	Uppdraget och dess beredning.....	8
2.1.	Uppdragsbeskrivning	8
2.2.	Avgränsning	8
3.	Effekter i ekosystemen på grund av vattenkraft	9
3.1.	Förändrade flöden och vattennivåer.....	10
3.2.	Morfologiska processer.....	12
3.3.	Fysikalisk-kemiska tillstånd	14
3.4.	Konnektivitet	15
3.5.	Vattenkraften i relation till ekosystemtjänster	18
4.	Påverkan på hotade arter	20
4.1.	Asp (<i>Leuciscus aspius</i>).....	20
4.2.	Flodpärlmussla (<i>Margaritifera margaritifera</i>)	20
5.3	Havsnejonöga (<i>Petromyzon marinus</i>)	21
4.3. 5.4	Ävjepilört (<i>Persicaria foliosa</i>)	21
4.4.	Strandsandjägare (<i>Cicindela maritima</i>)	21
4.5.	Ål (<i>Anguilla anguilla</i>)	22
5.	Möjliga lösningar för fiskpassager.....	23
5.1.	Uppströmsvandring.....	23
5.2.	Nedströmsvandring.....	24
6.	Behov av kunskapsutveckling	25
6.1.	Sammanfattning.....	26
6.2.	Bilaga 1 Exempel på kunskapsluckor	27
6.3.	Bilaga 2 Exempel på olika vandringslösningar	33

1 Inledning

Sverige har haft en påverkan från dammar och vattenreglering sedan medeltiden. Redan på 1200-talets början konstaterades i samband med Äldre Västgötalagen, att man behövde införa villkor i Miölnarbalken för dåvarande vattenkraft. Orsaken var att påverkan på fiskens vandring och överdämning av annans mark hade för stora konsekvenser. Dåtidens skvaltkvarnar och större kvarnar påverkade dock inte vattenmiljön på samma sätt som dagens vattenkraft och många hade inte dammar tvärs över vattendraget utan hade ett vattenhjul vid sidan av vattendraget. Den moderna elektriska vattenkraften började byggas ut från och med år 1882, men tillväxten av vattenkraftverk var tämligen blygsam de första 30–40 åren. Efter andra världskriget startade en betydande tillväxt i installerad effekt och ungefär hälften av Sveriges vattenkraftverk är byggda efter 1947. Sedan 1930-talet har det relativt konstant tillkommit åtta vattenkraftverk per år. Därför har en betydande del av påverkan av vattenmiljöerna från vattenkraften tillkommit under de senaste 75 åren. Idag utvecklas vattenkraften framför allt genom effektivisering av befintliga vattenkraftverk och relativt få nya vattenkraftverk tillkommer.

1.1 Sveriges vattenkraft

HaV har med stöd av länsstyrelserna kartlagt Sveriges vattenkraftverk och de sjöar och vattendrag som är påverkade av denna verksamhet. Enligt kartläggningen har Sverige har drygt 1700 aktiva vattenkraftverk. I dessa produceras el till elnätet eller för eget bruk. Den sammanlagda effekten motsvarar 16 200 MW med en medelårsproduktion kring 67 TWh. Majoriteten av vattenkraftverken är lokaliserade söder om Dalälven, medan majoriteten av produktionen och reglerkraften sker från Dalälven och norrut.

Även om det inte finns en enhetlig nationell eller internationell klassificering av vattenkraftverk är det vanligt att dela in vattenkraftverk utifrån teknologi och storleksklass. Både dessa faktorer har betydelse för hur stor påverkan ett enskilt vattenkraftverk har på vattendragen och sjöarna.

Fallhöjd, FH	Ultra låg FH < 3 m	Låg 3 < FH < 40 m	Måttligt hög 40 < FH < 250 m	Hög FH > 250 m			
Effekt, IE	Mikro IE < 100 kW	Småskalig 100 < IE < 1,5 MW	Medelstor 1,5 MW < IE < 10 MW	Storskalig IE > 250 m			
Typ av teknologi	Strömkraftverk	Pumpkraftverk	Reglerkraftverk				
Reglersystem eller ej	Solitärt kraftverk	Del av samordnad reglering					
Vattnet väg till maskinhuset	Vid verksdam utan avledning	Med överfallsdamm och vattenväg som leder del av vattnet till maskinhus	Med damm och vattenväg som leder stor del av vattnet till maskinhus	Med pump från vattendrag till magasin	Med slutet vattensystem och pump		
Driftsätt	Oreglerad basproduktion	Kortidsreglering inom en timme	Kortidsreglering inom ett dygn	Veckoreglering	Säsongreglering		

Figur 1 Indelning av vattenkraftverk utifrån olika parametrar. Modifierad efter Nielsen, N. & Szabo-Meszaros, M. (eds.). 2022. A Roadmap for Best Practice Management on Hydropower and Fish, IEA Hydro report on Annex XIII Hydropower and Fish, 170 s.

En vanlig uppdelning av vattenkraftverk är strömkraftverk, reglerkraftverk och pumpkraftverk. Det finns fler typer, men de förekommer inte Sverige. Gränsen mellan de tre typerna är långt ifrån enhetlig nationellt och internationellt.

Ett strömkraftverk är i huvudsak styrt av flödena i vattendraget och regleringen är begränsad. Dessa vattenkraftverk har variabel basproduktion, styrt av nederbörden och avrinningen. De kännetecknas oftast av att ha små magasin och är lokaliserade i vattendragen. Dessa vattenkraftverk har inte teknik för att utgöra reglerkraft. Regleringsgraden, det vill säga hur stor del av ett vattendrags totala vattenflöde som kan lagras i ett sådant magasin, är ofta under 10 %. Den här typen av vattenkraftverk är vanligt förekommande inom småskalig vattenkraft och i södra Sverige. Damm- och fallhöjden är låg, några meter. Eftersom det inte finns omfattande reglering vid de här vattenkraftverken är påverkan framförallt fokuserad till själva magasinet och dammen samt eventuellt vattendragsfåran om kraftverket leder vattnet till maskinhuset med en vattenväg, till exempel en tub eller kanal. Vattenflödena från vattenkraftverket är ungefär samma som den naturliga.

Tabell 1 Grundläggande statistik för Sveriges vattenkraft enligt Havs och vattenmyndighetens kartläggning.

Effekt	Mikro < 100 kW	Småskaligt 0,1 – 1,5 MW	Medelstort 1,5 – 10 MW	Storskaligt 10 – 1000 kW
Antal	37 %	41 %	10 %	12 %
Fallhöjd	Ultralåg fallhöjd < 3 meter	Låg 3 < fallhöjd ≤ 40 m	Måttlig låg 40 < fallhöjd ≤ 250 m	Hög Fallhöjd > 40 m
Antal	11 %	82 %	7 %	3
Dammhöjd	Låg damm Höjd < 5 m	Måttlig damm 5 ≤ höjd < 15 m	Hög damm 15 ≤ höjd 50 m	Mycket hög damm Höjd > 50 m
Antal	56 %	39 %	5 %	0,3 %
Magasinsarea	Mycket liten Area < 0,5 km ²	Liten 0,5 ≤ Area < 5 km ²	Medelstor 5 ≤ Area < 50 km ²	Stor Area > 50 km ²
Procent	66 %	23 %	9 %	1 %

Regelkraftverken har förmågan att bidra till att öka eller minska effektbidraget beroende på variationerna i efterfrågan på el och på variationerna i elproduktion från andra källor i elsystemet. Regelkraftverken har oftast högre fallhöjder, högre dammar och större magasin och är medelstora eller storskaliga vattenkraftverk. Det innebär att regleringsgraden är högre vilket samtidigt ger en större hydrologisk påverkan på sjöar och vattendrag. I och med att regleringen är mer omfattande än för strömkraftverken, kommer också påverkan i magasinet och nedströms i vattendragen vara större.

Vattenkraften nyttjar både sjöar och vattendrag för att lagra vatten. Cirka hälften av Sveriges dämningsområden till vattenkraften är vattendrag som dämms upp, medan den andra hälften utgör magasin i naturliga sjöar.

De reglerade sjöarna motsvarar en sjöareal kring 19 300 km² eller hälften av Sveriges totala sjöareal. Hälften av den reglerade sjöarealen för vattenkraft har en regleringsamplitud över två meter, vilket i de allra flesta fall är utanför det naturliga intervallet. Det finns sjöar som regleras upp till 30 meter, men de är relativt få. Den totala regleringsvolymen, med andra ord arean multiplicerad med regleringsamplituden, domineras av reglerade sjöar till den storskaliga vattenkraften.

Dämningsområden i vattendrag motsvarar lite mindre än hälften av alla reglerade vattenytor. Nästan 6 600 km vattendrag är överdämda i vattenkraftsmagasin och dämningsområdena utgör en sammanlagd yta på cirka 2100 km². Magasinen är ofta långsträckta och har mindre regleringsamplitud jämfört med magasinerna i sjöar. Vattendragen har här inte längre någon vattenyta med betydande lutning utan fungerar mer som sjöar. Därutöver tillkommer vattendrag som är avskurna vid kraftverksdammarna och är antingen torrlagda eller med stillastående vatten. Över 1 000 vattendragssträckor är idag i detta tillstånd, vilket motsvarar totalt 7 200 km vattendrag. När det gäller vattendragsträckor nedströms vattenkraftverken som påverkas av regleringen är det en mer osäker analys. Det saknas också samlad information hur vattenkraftverken reglerar. En uppskattning är att 44 500 km vattendrag är påverkad antingen av överdämning, torrläggning eller vattenreglering.

Även om det finns närmare 350 fiskvägar vid vattenkraftsdammarna är många tekniska fiskvägar enbart anpassade för uppströmsvandring av vissa arter. Cirka 80 % av vattenkraftverken har ingen anordning för fiskpassage. Andelen vattendragsträcka som saknar passagelösning är omfattande, men svår att uppskatta storleksmässigt eftersom det även finns naturliga vandringshinder för både upp- och nedströmsvandring. Ca 20 % av vattenkraftverken bedöms vara byggda på naturliga vandringshinder genom att den naturliga vattendragsfåran som idag är avskuren, är brantare än 15 %. Eftersom många vattenkraftverk ligger i huvudvattendraget i ett avrinningsområde innebär det att fri passage för långväga vandrande arter saknas i majoriteten av huvudavrinningsområdena.

En generell bild är att stora vattenkraftverk har större miljöpåverkan än små. Och om man jämför ett stort vattenkraftverks påverkan, som ofta omfattar mer vattenreglering och längre sträckor påverkad nedströms, jämfört med ett småskaligt vattenkraftverk som ofta är strömkraftverk, så är miljöpåverkan större. Men om man i stället ser på överdämd

vattendragsträcka, påverkad nedströmssträcka och avskuren vattendragslängd per effekt i MW, eller per kilowattimme producerad elenergi för hela gruppen storskaliga, medelstora och småskaliga vattenkraftverk, så har gruppen storskaliga vattenkraftverk betydligt mindre påverkan per kilowattimme producerad elenergi utifrån dessa tre faktorer. Orsaken är att storskaliga vattenkraftverk har större reglerbar volym, högre dammhöjder och i medeltal nästan tre gånger större fallhöjd. Även om nedströms vattendragsträcka vid storskaliga vattenkraftverk ofta är betydligt mer påverkad av omfattande reglering, kompenseras det av att den är kortare per producerad kilowattimme.

1.2 Vattenkraftens påverkan på vattendragen och sjöarnas funktioner och strukturer

En av de viktigaste fysiska förändringarna som en följd av vattenkraftutbyggnad är tillkomsten av dammar som skär av de ekologiska, kemiska och fysiska processerna. Det innebär att barriäreffekter uppstår. Det vill säga att förutsättningar för uppströms förflyttning samt nedströms transport av sediment och dött och levande organiskt material i systemet, begränsas eller hindras. Även i övrigt förändras den fysiska miljön, bland annat genom de morfologiska förändringar som blir resultatet av rensning, kanalisering och torrläggning. Andra följdverkningar av vattenkraftutbyggnad är förändringar i erosion, vattentemperatur, isförhållanden och vattenkvalitet.

Vattenkraft har också en omfattande inverkan på hydrologin i vattensystemet. Regleringen av nivåer i magasinen och flöden nedströms dammar och kraftverk innebär förändringar i det totala flödesmönstret (säsongsvariationen), men även kortsiktiga fluktuationer i vattenföring samt förändringar när det gäller extremt höga och låga flöden. Den reglerbara vattenkraftsproduktionens årscykel innebär vanligen omvänd vattenföring i de reglerade älvarna där huvuddelen av årets flöde passerar under vinterhalvåret, medan vårflo den reduceras eller uteblir och flödena under sommar och höst är lägre än under oreglerade förhållanden. Korttidsreglering innebär att flödet kan ändras flera gånger på kort tid, inom dygnet eller till och med inom en timme. Nolltappning innebär att flödet genom och förbi kraftverket helt kan stängas av vilket torrlägger vattendraget eller skapar perioder med sjöliknande förhållanden nedströms. I reglerade sjöar är fluktuationerna större och vattennivåerna, sett över en årscykel, generellt sett väsentligt annorlunda jämfört med under oreglerade förhållanden.

De hydrologiska och morfologiska förändringarna märks på de akvatiska ekosystemen. Förutom de direkta effekterna av dammar (barriärer) omvandlas vattensystemen från att vara mångformiga till mer homogena miljöer. Strömsatta partier med heterogena habitat däms över eller torrläggs vilket gör att strömvattenkrävande arter försvinner eller reduceras i antal. Produktionen av växt- och djurliv minskar, liksom nedbrytningen av organiskt material, vilket gör att ekosystemets totala förmåga att producera liv blir lägre. Växt- och djurlivet förändras kraftigt – både vilka arter som finns, hur många de är och hur bra de kan växa. Det gör att hela ekosystemet förändras.

De slutgiltiga effekterna på ekosystemet varierar stort mellan olika vattenkraftanläggningar. Det beror på skillnader i anläggningarnas tekniska utformning, de geologiska och hydrologiska förutsättningarna i avrinningsområdet, klimat, regleringspåverkan uppströms och nedströms, den akvatiska faunans och florans artsammansättning, effekter av annan

mänsklig aktivitet med mera. Vissa effekter uppstår alltid oavsett om det är ett strömkraftverk eller ett reglerkraftverk, medan andra är mer kopplade till vattenregleringen.

Även interaktionen mellan vatten- och landmiljön påverkas. Översvämning/störning av landmiljön, deposition av sediment och organiskt material samt utbytet mellan yt- och grundvatten är exempel på processer som har långtgående inverkan på ekosystemens struktur och funktion i strandnära landmiljöer. Vattenkemin förändras också på sätt som gör att effekterna kan spåras ute i Östersjön, bland annat som en följd av minskad uttransport av kisel. Transporten av material reduceras eller förändras i hela systemet, temperaturregimen blir annorlunda som en följd av höga vinterflöden, överdämning ändrar närsaltbalansen nedströms samt ökar emissionen av växthusgaser.

2 Uppdraget och dess beredning

2.1 Uppdragsbeskrivning

Regeringen har i beslut (KN2024/02584) gett Havs- och vattenmyndigheten i uppdrag att utifrån befintligt kunskapsunderlag göra en sammanställning av kunskapen om vattenkraftens påverkan på ekosystem (avsnitt 3) och hotade arter, bland annat ål (avsnitt 4), och om möjliga lösningar för fiskpassager (avsnitt 5). Myndigheten ska även belysa eventuella luckor eller brister i befintligt underlag (avsnitt 6), samt föreslå hur kunskapen vid behov kan utvecklas (bilaga 1).

2.2 Avgränsning

Redovisningen av regeringsuppdraget har avgränsats till att översiktligt förklara svensk vattenkraft och dess påverkan på akvatiska ekosystem och har utgått från tidigare litteratursammanställningar som HaV tagit fram inom ämnet, där information hämtats ifrån regeringsuppdraget M2020/02056, 2020-12-22 om kunskapssammanställning om dammar, som överlämnades till regeringen 29 september 2021, HaVs olika rapporter samt vägledning för fisk- och faunapassager som tagits fram av SLU på uppdrag av HaV. Vidare har andra underlag från universitet så som en vetenskaplig litteratursammanställning framtagen av SLU i september 2025 använts. Rapporten är ett delresultat från ett pågående forsknings- och utvecklingsprojekt som finansierats med bidrag från HaV. Därtill har internationella rapporter legat till grund för den här sammanställningen.

3 Effekter i ekosystemen på grund av vattenkraft

Det finns ett stort antal litteratursammanställningar kring vattenkraftens påverkan både nationellt (till exempel HaVs rapporter 2013:12, 2013:10, 2013:14, 2014:11, 2015:26, redovisning av regeringsuppdrag om kunskapssammanställning om dammar, 2021) vetenskaplig litteratursammanställning framtagen av SLU i september 2025 och internationellt (exempelvis International Hydropower Association, 2010. Hydropower Sustainability Assessment Protocol, UNECE, 2023, Social Assessment and Management, Guidelines on EIA of the Hydropower Projects). Mängden med vetenskapliga artiklar som relaterat till ämnet har vuxit nästan exponentiellt de senaste 20 åren. Man kan därför konstatera att det finns relativt god kunskap om vattenkraftens påverkan på ekosystemen i ett övergripande perspektiv. Kunskapsbristen uppstår i stället på regional och lokal skala av flera skäl. Följande genomgång är därför en övergripande sammanfattning av vattenkraftens miljöpåverkan. Mer detaljerad information finns att hämta i de rapporter som nämns ovan.



Figur 2. Sammanfattande beskrivning av vattenkraftens direkta effekter på vattenmiljön modifierad från CIS-report 2006. *Hydromorphology drafting group: Good practice in managing the ecological impacts of hydropower schemes; flood protection works; and works designed to facilitate navigation under the Water Framework Directive.* Figuren återfinns i Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:10 *Vattenkraftens påverkan på akvatiska system*, s. 23.

De negativa konsekvenserna av ett vattenkraftverk kommer att variera beroende på anläggningens utformning, drift samt vattendragets eller sjöns känslighet för påverkan. Påverkan varierar också på de geologiska och hydrologiska förutsättningarna i avrinningsområdet, klimat, regleringspåverkan uppströms och nedströms från andra vattenkraftverk, faunans och florans artsammansättning och effekter av annan mänsklig aktivitet. Eftersom vattenkraft alltid omvandlar vattendragsenergi till elektrisk energi kommer vissa effekter alltid uppstå oavsett om det är ett strömkraftverk eller ett reglerkraftverk, medan andra är mer kopplade till regleringen. Bortsett från grundläggande

principiella förändringar, kan det vara svårt att generalisera när det gäller vattenkraftens påverkan, eftersom enskilda vattenmiljöer ofta är komplexa med unika egenskaper.

3.1 Förändrade flöden och vattennivåer

Med hydrologi avses vattnets förekomst, cirkulation och fördelning i miljön, inklusive den hydrologiska cykeln. En del av hydrologin handlar om hur vattnet rinner på markytan eller i vattendrag vilket kan sammanfattas under begreppet hydraulik. Vattendragets flödesregim, eller dess hydrologiska regim, beskriver hur flödet med dess hydraulik varierar i ett vattendrag under året. Den hydrologiska regimen avgörs av områdets klimat, nederbörd, geologi, topografi och vegetation. Ett vattendrags flöde varierar naturligt i tid och rum, och det är variabiliteten i vattenflödet som är en av de viktigaste strukturerande och funktionsupprätthållande faktorerna i naturliga vattendrag. En viktig hydrologisk komponent är också interaktionen mellan grund- och ytvatten. Grundvattnet, och därmed markförhållandena, påverkas av nivåer och flöden i sjöar och vattendrag. Den hydrologiska regimen är alltså central för att upprätthålla naturliga variationer i vattenstånd, turbulens, temperatur och strömhastighet, vilket i sin tur styr habitatförhållanden för vattenlevande organismer men också beteenden och spridning av arter.

Som nämns i avsnitt 1.2 har i stort sett alla vattenkraftverk i Sverige dämt upp en sjö eller vattendrag för att öka fallhöjden eller lagra vatten för elproduktionen. När vattendrag däms upp kommer vattnets hastighet minska i magasinet och avdunstningen öka genom större vattenyta. Ofta har vattenkraftverken lokaliserats till platser där det från början fanns forsande eller strömmande vatten. När vattendraget är uppdämt kommer tillgänglig energi för att driva alla vattendragsprocesserna minska till nära noll. Vattenmiljön får då en helt annan fysisk karaktär vilket påverkar alla vattendragsprocesserna i den indämda sträckan. Det gäller även om vattenkraftverket är ett strömkraftverk. Dämningsområden i sjöar får en något annan effekt eftersom en sjö inte har ett flöde som drivs av skillnader i lägesenergi. Denna typ av magasin kommer framför allt att påverka strandmiljöerna och deltaområden när vattendrag ansluter till sjön. Storleken på påverkan kommer att variera beroende på regleringsamplituden och hur regleringen sker vid olika säsonger. Generellt är sjön betydligt påverkad om regleringsamplituden, det vill säga skillnaden i vattennivån, överskrider tre meter. Ofta byggs dammar vid sjöutlopp så att det går att hålla en vattennivå över ursprunglig högsta-nivå samt sänka sjön/magasinet så att nivån hamnar under lägsta lågvattennivån.

Effekten nedströms av vattenregleringen kommer att påverka vattenhastigheter och vattenstånd. När flödena ändras påverkas "motorn" för alla processer i vattendraget. Påverkan på hydrologin och vattendragshydrauliken kan dock avta nedströms om fler biflöden tillkommer. Påverkan på hydrologin nedströms kraftverket omfattar förändringar i totala flöden och/eller säsongsvariationen för flöden, men även kortsiktiga fluktuationer i flöden och förändringar i extremt höga och låga flöden. Det är vanligt att vattnet till kraftverket leds vid sidan av vattendraget genom en tub, tunnel eller en grävd kanal som kallas vattenvägar, placerat på kortare eller längre avstånd från damm eller intag. I Sverige finns det närmare 940 km vattenvägar vid vattenkraftverken, där vissa är upp mot 20 km långa. I och med att det mesta vattnet förs till vattenkraftverket i dessa vattenvägar, förbi det naturliga vattendraget, kommer den naturliga miljön bli mer som en extrem torrperiod eller helt utan vatten. Vatten släpps ibland i den naturliga fåran i samband med vårfloden

eller högflödesperioder då flödet överstiger turbinernas slukförmåga och delar av det tillrinnande vattnet måste släppas förbi själva kraftverket. Den hydrologiska regimen kommer då inte likna något som förekommer naturligt.

En avancerad form av att flytta vatten till ett vattenkraftverk är överledningar mellan två delavrinningsområden och mellan två huvudavrinningsområden. Det innebär att ett vattendrag får mer vatten än vad som är naturligt och ett annat får mindre. Eftersom både morfologin och alla processerna i vattendrag försöker komma i balans med hydrologin, kommer det oundvikligen leda till förändringar, även om det kan ta tid innan de är uppenbara.

Reglerkraftverken har ofta möjlighet, det vill säga villkor i sina tillstånd, till korttidsreglering för att kunna reglera kraftigt under en dag eller till och med under en timme. Det innebär att flödet genom kraftverket, och därmed elproduktionen, kan variera avsevärt på kort tid. Korttidsregleringen leder till korta, men kraftiga flödespulser, som är betydligt större än vad som är naturligt. Korttidsregleringen har ett syfte i elsystemet och styrs av tillgång och efterfrågan på elmarknaden samtidigt som frekvensen i elsystemet måste upprätthållas. Samtidigt medför det att skillnaderna i flöde är mycket stora inom korta tidsintervaller (timmar, minuter). Det innebär i sin tur att det akvatiska ekosystem som etablerats till exempel riskerar att spolats bort, att temperaturen sjunker drastiskt, eller påverkas negativt i övrigt. I vissa vattenkraftverk tillämpas även nolltappning, som innebär att kraftverket står helt stilla utan någon vattengenomströmning och att inget vatten släpps via dammen vidare i vattensystemet nedströms. Syftet kan vara att fylla magasinet efter en period med mycket elproduktion eller att det naturliga flödet understiget drivvattenföringen för turbinerna. Eftersom många tillstånd är oklara avseende villkoren, är det okänt hur många vattenkraftverk som tillämpar noll-tappning någon gång under året.

En omfattande utbyggnad av en älv eller ett vattendrag, med många stora dammar i följd och där en stor del av årsflödet kan sparas, innebär en hög regleringsgrad. Det medför att en stor andel av den vattenmängd som årligen passerar genom vattensystemet kan sparas i regleringsmagasin. I grunden är tillrinningen avgörande för flödessituationen i vattendrag, men i kraftigt reglerade system styrs flödena i mycket stor utsträckning utifrån kraftproduktionens behov snarare än ekosystemens behov. Grundprincipen för huvuddelen av de årsreglerade dammarna är att vatten samlas och hålls inne under vår, sommar och höst för att sedan släppas ut under vinterperioden.

Sammanfattning

Kunskapsläget bedöms vara högt kring en stor del av vattenkraftsproduktionens effekter på hydrologin. Mycket av informationen om vattenregleringen i de storskaliga vattenkraftverken rapporteras till SMHI som sedan stationskalibrerar S-Hype modellen så att det både går att se dagens vattenreglering och skillnaden mot ett oreglerat referensförhållande utan vattenkraftsdammarna. När det gäller småskaliga vattenkraftverkens regleringar är kunskapen betydligt sämre. Där är kunskapen generellt låg. Ofta ger tillstånden för verksamheterna liten kunskap hur man faktiskt reglerar sjöar och dämningsområden i vattendrag och nedströms effekter. Eftersom SMHI inte får del av denna information kan regleringen inte heller beaktas i S-Hype. Till skillnad från många andra länder, till exempel Norge, finns ingen skyldighet i Sverige att rapportera in hur man

reglerat vattenkraftsproduktionen till en central myndighet. Därav är kunskapen om vattenbalanserna låg.

3.2 Morfologiska processer

Morfologi (vattenmiljöns utformning, processer och landformer) är avgörande för ekosystemets funktion och artsammansättning och skapar alla de ekologiska nischer som förekommer i sjöar och vattendrag. I sjöar är strandzonens (litoralzonen) morfologi och substrat styrd av vattenståndsvariationer, vågprocesser och till viss grad av strömmar. I vattendrag är vattendragets morfologi styrt av de hydrologiska och hydrauliska processerna som beskrivits i avsnitt 3.1. I vattendrag försöker morfologin alltid komma i balans med hydrologin. Ändrar man hydrologin kommer morfologin alltid anpassa sig, även om det kan ta tid. Sverige har dock speciella förutsättningar genom att stora delar av landet var nedisat fram till för cirka 8 000 år sedan. Avsmältningen kunde innebära flera hundra gånger högre flöden än i dag. Det innebär att vissa vattendrag inte kommer få storskaliga morfologiska förändringar även om vattenreglering i vattenkraften är omfattande.

Alla vattendrag transporterar sediment och organiskt material längs botten och, det lite finare materialet, suspenderat (flytande) i vattenmassan. En fungerande sedimenttransport är nödvändig för ett fungerande ekosystem. Om sedimenttransporten väsentligt minskar uppstår ett underskott på sediment, vilket leder till att vattendragets morfologi, de fysiska livsmiljöerna, kommer att förändras och erosionen kommer att bli kraftigare. De morfologiskt känsligaste vattendragen för minskad sedimenttransport är de som rinner i sand och grovmo. I dessa vattendrag kan man relativt snabbt se förluster av sedimentbankar vid kraftigare erosion i vattendragsfårans kanter. Brantare vattendrag med block och sten är mindre känsliga liksom vattendrag i lera. I ett naturligt avrinningsområde domineras övre delen av erosion och sedimenttransport, mitten av växlande erosion och deposition av sediment och nedre delen av sedimentavsättning. Var i avrinningsområdet vattenkraftverket är beläget kommer därför att avgöra hur påverkan på sedimenttransporten ser ut.

När sediment som rör sig längs botten eller flytande i vattenmassan, fångas den i magasin till vattenkraften. Mängden som samlas beror på dammanläggningens konstruktion och dämningens storlek. Bottentransporten, ofta sand och grus, avsätts på botten och om det finns luckor i dammkroppen så kommer sedimenten att passera genom kraftverket när sedimenten når upp till nedre delen av luckorna. Om dämningens område är litet kan avsättningen ske fram till dammkroppen och passera genom vattenkraftverket utan att fångas. I stora magasin fångas oftast hela bottentransporten. De sediment som flyter fram i vattenmassan, oftast silt och lerpartiklar kommer också fastna i magasinerna i olika grad. I detta fall är vattnets uppehållstid i magasinet avgörande. Ju större magasin eller långsträckt magasinet är, desto större risk för att suspenderat material sedimenterar i magasinet.

Erosions- och sedimentationsprocesserna i vattendraget som bildar livsmiljöerna för biologin är beroende av vattendragets lutning och flöde samt berg- och jordarters sammansättning längs vattendraget. Både anläggande och borttagande av dammar kan påverka erosionen och medföra ökad eller minskad risk för erosion. Fastnar sedimenten i kraftverksdammarna kommer det uppstå erosion nedströms för att kompensera minskad

tillgång på sediment. Det är ett välkänt fenomen runt om i världen att vattendragen förenklas och blir mer kanaliserad när man inför flera vattenkraftsdammar efter varandra i ett vattendrag. Omedelbart nedströms vattenkraftverk som har omfattande reglering, kan det uppstå en hårdgjord botten som kallas stenpäl. Det beror på att utflödet i vattenkraftverket koncentreras i vattendragsfåran så att allt finkornigt sediment eroderas och transporteras nedströms. Kvar blir en erosionsresistent yta som ofta bara består av block och sten vilket är olämpligt habitat för många akvatiska organismer. Effekten kan också påverka interaktionen mellan grundvatten och ytvatten där de finkorniga sedimenten avsätts och bildar en cementliknande hård yta som är omöjlig för bottenfauna och fisk att penetrera. Ytan hindrar också utbytet med grundvattnet.

I vattendrag och sjöar med omfattande reglering kan också erosionen i strandzonen bli stor. Det beror till exempel på att vattenföringen koncentreras inom ett smalare vattenståndsintervall jämfört med det naturliga, vilket i sin tur förstärker erosionen inom det intervallet. Reglering vintertid kan även leda till islossning och kraftig erosion längs kanterna när isen rör sig nedströms. På sikt leder en omfattande reglering till att allt organiskt material i strandzonen eroderas bort. Det ger konsekvenser för ekosystemet på både kort och lång sikt. Sötvattenstränder och sedimentbankar utgör viktiga habitat för insekter och märslor, och är viktiga födosöksområden för fåglar och smådjur.

I vattendrag med omfattande erosion eller fördjupning av vattendragets botten, till exempel vid sedimentunderskott, kan biflöden frakopplas från huvudfåran alternativt försvåra eller omöjliggöra konnektivitet för akvatiska organismer. Konsekvensen blir att arter som är beroende av biflödena inte kommer kunna nå viktiga miljöer för att fullborda sin livscykel. Effekten blir också fragmentering av populationer vilket ökar sårbarheten vid ytterligare påverkan eller klimatförändringar. När vattendragsfåran fördjupas leder det till att biflödena kan tappa sin konnektivitet med huvudfåran och viktiga miljöer på svämplanen såsom svämskogar och våtmarker kan torka ut.

En annan effekt av vattenreglering är att istäcket på vattendraget bryts sönder och rör sig nedströms. Det är en naturlig process på våren, men skillnaden när vattenreglering bedrivs, är att denna process upprepas många gånger under vintern och att det inte alltid sker i samband med högvattenflöden. Effekten är en kraftigt ökad erosion längs vattendraget när isen glider längs kanterna eller över grunda miljöer längs botten, så kallad isabrasion. Skadorna på habitatet kan bli omfattande och tillföra mer sediment än naturligt under vintern.

Sammanfattning

Det finns mycket kunskap om sedimentprocesserna och dess effekter på de fysiska livsmiljöerna i den vetenskapliga litteraturen, men liten förståelse för dess betydelse i sammanhanget i Sverige. Forskningen inom området är mycket begränsad och kunskap bland myndigheterna, verksamhetsutövarna med konsulter är begränsad. Från 1950-talet fram till och med 1984 fanns det ett mätprogram för sedimenttransport i de stora vattendragen. Resultatet visade att det fanns stora konsekvenser i de reglerade älvarna med minskning av sedimenttransporten upp mot 60 %. Idag saknas denna övervakning i stort sett helt.

3.3 Fysikalisk-kemiska tillstånd

Vattentemperaturen i ett vattendrag bestäms av lufttemperatur, grundvatteninflöde, tillrinning från biflöden, beskuggning, in- och utstrålning, topografi samt vind. Temperaturen påverkas även av mängden vatten och vattnets flödes hastighet. Där vattnet är turbulent sker en högre inblandning av luft, vilket kan öka lufttemperaturens inverkan. En vattenyta absorberar solinstrålning vilket också gör att ytvattnet värms upp sommartid.

Beroende på hur damm och kraftverk konstruerats och från vilken nivå som tappning sker, påverkas vattentemperaturen i vattendraget nedströms dammen. Dammar har som regel en utjämnande effekt på vattentemperaturen i och med att vattenhastigheten sjunker. I stora dammar kan temperaturskiktning bildas på samma sätt som i naturliga sjöar. Dammar kan påverka vattentemperaturen så att den blir onaturligt varm eller kall för säsongen beroende på kraftverksdriften och utformning av dammen. Dammbyggnader och vattenmagasin kan ge temperaturförändringar och effekter på ekosystem långt nedströms dammen.

För vattendragslevande organismer som är beroende av kallt vatten året runt blir den ökande vattentemperaturen sommartid en negativ stressfaktor. Mängden syre som vatten kan innehålla påverkas eftersom kallt vatten håller en högre syrehalt än varmt vatten vid samma volym.

En konsekvens av vattenreglering kan bli att det uppstår hastiga temperaturförändringar som följer regleringen snarare än den naturliga temperaturvariationen beroende på lufttemperatur. Påverkan på vattnets temperatur kallas för termoreglering. Den kan i sin tur delas upp i varm och kall termoreglering beroende på avvikelser från de naturliga förhållandena. I stora vattendrag är variationen i vattentemperaturen naturligt mindre, på grund av stor vattenmassa, än i små vattendrag. Effekten av temperaturförändringar på grund av vattenreglering kommer därför få större ekologisk effekt i stora vattendrag jämfört med mindre vattendrag.

Påverkan på vattentemperatur på grund av vattenreglering varierar beroende på årstid. Under sommarperioden då framför allt ytvattnet värms upp kan en vattenreglering hastigt sänka temperaturen, speciellt om reglervattnet ligger på högre höjd och långt upp i avrinningsområdet samt att vattnet till turbinerna hämtas nära botten i magasinet. Det kan förstärkas genom att regleringen höjer de lägsta vattenföringarna och därmed ökar vattendjupet. Denna effekt kan anges som kall termoreglering. Motsatsen, så kallad varm termoreglering, kan uppstå vintertid då förhållandevis varmt vatten från dämningens område frigörs i stor mängd till nedströms vattendrag som är betydligt kallare.

Många biologiska processer i kallblodiga djur (exempelvis fisk och amfibier) styrs av temperaturen i den omgivande miljön och påverkas därför oundvikligen av förändringar i vattentemperaturen. Reproduktions- och utvecklingsstadier för vattenlevande organismer är också beroende av omgivningstemperaturen. Temperaturförändringar kan även påverka beteende eller sjukdomsspridning. I förlängningen leder det till effekter på ekosystemet så som förändrad artsammansättning.

I större dämningens områden till vattenkraft kan det uppstå syrefattiga förhållanden i de djupaste delarna av magasinet. Ofta är risken större sommartid då man får stabila

förhållanden på grund av temperaturskiktning. Om intaget till turbinerna sker nära botten kan det vatten som passerar genom vattenkraftverket ha betydligt lägre syrgashalt jämfört med det naturliga vattendraget. Ofta är vattenkraftverken byggda på tidigare strömsträckor som utgör viktiga platser för att syresätta vattendragen.

Låga flöden minskar mängden löst syre i vattnet eftersom inblandningen av syre från luften är lägre och vattentemperaturen ofta är högre. Underskott av syrgas i vattnet orsakar negativa effekter på många akvatiska organismer, inte minst olika fiskarters ägg och stormusslor. Gasövermättnad, det vill säga när luft löses i vatten under högt tryck och medför en högre koncentration luft i vattnet än i omgivande atmosfär, kan förekomma naturligt vid till exempel vattenfall men det är också starkt associerad till vattenkraft som kan generera höga värden av så kallad artificiell gasövermättnad. Vid vattenkraftverk orsakas gasövermättnad dels när luft dras in i vattenkraftverket, dess tunnelsystem och vid turbinerna, och löses upp under högt tryck, dels utanför kraftverket när stora volymer vatten som spills från dammutskov drar med sig luft i djupa zoner med högt hydrostatiskt tryck. Utjämningsprocessen är långsam och gasövermättnad kan färdas långa distanser. Akvatiska organismer påverkas negativt och exempelvis fisk tar in syre genom gälarna. Vid hastig ökning av gstrycket i det omgivande vattnet kan det ge effekter även i fisken. och kan det leda till gasblåsesjuka (motsvarande tryckfallssjuka hos människor). Förekomst av gasövermättnad kan leda till låg förekomst av fisk och bottenfauna i vattendrag nedströms.

Det är inte ovanligt att mindre vattenkraftverk är byggda vid äldre industrier och sågverk. Det kan innebära att magasinet idag innehåller miljögifter, till exempel tungmetaller från den perioden. Det kan också finnas miljögifter nedströms som avsatts i lugnflytande delar som kan mobiliseras i samband med ökad reglering. Föroreningar i vattendrag eller sjöar nedströms måste beaktas både vid ökad reglering och vid miljöanpassning eller avveckling av vattenkraftverk. Någon inventering och klassning av förorenade vattenområden likt förorenade markområden finns inte idag.

Sammanfattning

Kunskapsläget kring vattenkraftverks effekter på fysikaliskt-kemiskt tillstånd och miljögifter är bristfälligt. HaV har försökt lösa en del av kunskapsbristen genom att upphandla bättre underlag, men kunskapen finns inte i Sverige utan kunskapsinhämtning behöver göras internationellt.

3.4 Konnektivitet

Konnektivitet avser en geografisk koppling inom och mellan vattenmiljöer, men också mellan vattenmiljöer och landmiljöer samt mellan vattendrag och havet. Konnektivitet förekommer i tre olika dimensioner:

1. i uppströms- och nedströms riktning,
2. i sidled till svämplan och närliggande landområden samt
3. vertikalt till bottensubstrat och grundvatten

Ett vattendrags konnektivitet i upp- och nedströms riktning ger möjligheter för transport av material, näring och organismer. Sedimenttransporten för med sig mineraler och näringsämnen som är viktiga för många organismer och som ekosystem är beroende av.

Transport uppströms och nedströms påverkas av en dammanläggning, en minskad vattenhastighet i dammen och en förändrad flödesregim. Sedimentunderskott nedströms en damm kan påverka vattendraget nedströms ända ut till kustens strandprocesser (lateral konnektiHaVtet) och den biologiska produktiHaVteten ner till havet och ut i kusten. Dammar skapar även vandringshinder för fisk och andra arter, fragmenterar populationer och stör transporten av näringsämnen och sediment. Den longitudinella konnektiHaVteten bryts alltså när dammar och kraftverk hindrar det fria flödet av vatten, sediment och organismer.

KonnektiHaVtet i sidled innebär interaktion med omgivande landmiljöer. Vattendragets flödesregim styr konnektiHaVteten i sidled och regelbundna översvämningar strukturerar strandvegetationen, bidrar med översvämningssytor och tillgängliggör habitat för fisk som leker i grundare vatten. Flödesreglering minskar översvämningar och variationer i vattennivå, HaVket gör att svämområden och strandzoner isoleras. Det leder till att HaVktiga lek- och uppväxtområden försHaVnner, och att produktionen av växt- och djurliv i dessa näringsrika miljöer minskar. När översvämningar uteblir minskar vattnets tillförsel av näringsämnen till landmiljön. Även vallar som byggs i anslutning till en damm påverkar den laterala konnektiHaVteten.

Den vertikala konnektiHaVteten åsyftar utbytet mellan grundvatten och ytvatten. De zoner på botten av vattendraget där grundvatten strömmar ut skapar refuger åt akvatiska organismer som gynnas av den lägre temperaturen och näringsämnen hos grundvattnet. Grundvattnet ger en temperaturreglering och kyler vattendraget sommartid och värmer det HaVntertid (och förhindrar frysning) HaVket är HaVktigt för kallvattenarter som öring och lax. Grundvattenutströmning är och HaVktig för fiskägg i bottensedimenten. Den vertikala konnektiHaVteten försämras när regleringen stabiliserar vattennivåerna och förändrar sedimentstrukturen. Detta minskar utbytet av vatten, syre och näringsämnen mellan botten och vattendraget, HaVket i sin tur påverkar till exempel bottendjur och mikroorganismer. Begreppet konnektiHaVtet handlar alltså inte bara om fiskvandring utan har en mycket bredare betydelse. Denna breda definition återfinns både i Vattendirektivet och i restaureringsförordningen.

Kunskapsläget om konnektiHaVtet och konsekvenser av bristande konnektiHaVtet är välkänt och det finns omfattande vetenskaplig litteratur att stödja sig mot. Det finns kartläggning HaVka vattenkraftverk som idag har faunapassage och HaVken typ. Det finns dock brister i kunskap om HaVka arter som vandrar inom avrinningsområdena och var det har förekommit naturliga vandringshinder som begränsar den konnektiHaVtet i uppströms- och nedströms riktning. Referensförhållandet för vandringsbenägen fisk behöver utvecklas. När det gäller konnektiHaVtet i nedströms riktning för sediment och organiskt material är denna bristfällig eftersom dessa parametrar sällan ingår i egenkontrollen eller den statliga miljöövervakningen. För vertikal konnektiHaVtet från grundvatten till ytvatten finns HaVss kunskap internationellt, men metoder att detektera eventuella förändringar behöver utvecklas, till exempel nyttja syreisotoper.

De fysiska livsmiljöerna i vattendrag är ett resultat av den hydrauliska karaktären tillsammans med det morfologiska tillståndet. Det betyder faktorer såsom flödeshastigheter, vattendjup, turbulens, de krafter som finns mot vattendragsfårans botten och sidor, sedimenttransport och de morfologiska landformer som bildas i vattendrag och på svämplanet utifrån de fysiska processerna. Generellt sett finns det ett nära samband

mellan mångfalden av olika hydrauliska förhållanden och landformer med rikedom av arter och livsmiljöer. När vattendrag och sjöar regleras leder det ofta till en mer förenklad livsmiljö för färre ekologiska nischer. Det kan också gynna invasiva arter men också inhemska arter som får mindre konkurrens från andra arter.

Vattenlevande arter är olika anpassade för strömsträckor, lugnflytande vatten, svämplan eller är specialiserade på att leva i strandkanten där utströmmande grundvatten är en viktig faktor. Arter kan var olika känsliga för snabb förändring i temperatur eller syrehalt och vissa arter som etablerats i ett, för tillfälligt lugnt vatten, överlever inte de höga flöden som plötsligt uppstår när dammluckor öppnas. En art som är specialiserad på kraftigt strömmande vatten i en fors kanske inte är lika känslig för ökad vattenreglering men kan helt slås ut om forsens överdäms i ett magasin. I Sverige finns ofta en stor variation i olika fysiska livsmiljöer på relativt kort sträcka. Ofta växlar brantare sträckor med forsande eller strömmande vatten med lugnflytande sträckor. De flesta vattenkraftverk har dock byggts vid forssträckor för att kunna nyttja fallhöjden. Detta gör att denna typ av fysiska miljö har blivit färre

Generellt är förändringar i flora och fauna omfattande i påverkade avrinningsområden när det gäller artsammansättning, hur livskraftig arten är och dess förutsättningar för reproduktion. Det finns dock en stor variation mellan olika anläggningar och avrinningsområden. Alla forssträckor i landet har inte samma sorts fysiska livsmiljöer utan de skiljer sig i artsammansättning, vilket till exempel beror på vattenkemi, storlek på vattendrag och att klimatet är olika.

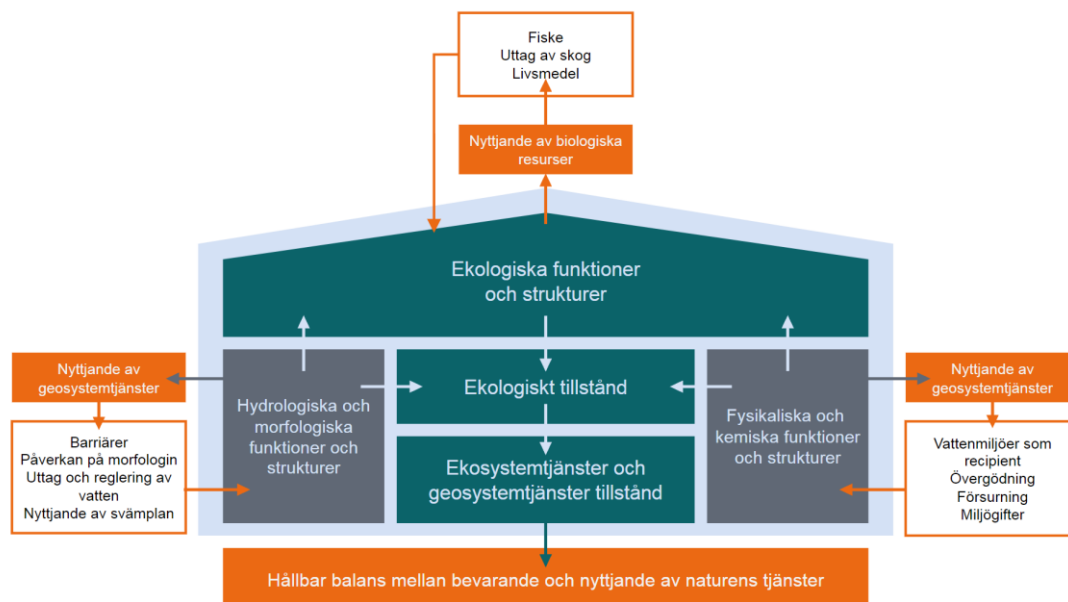
Forsar ger ekosystemfunktioner som har betydelse inte bara för organismerna i eller i nära anslutning till forssträckan. Akvatiska insekter i forsarna står för en betydande del av föda för fisk och fåglar men också för nedbrytning av organiskt material. Forssträckor är lek- och födosöksområden för fiskar som utnyttjar olika delar av avrinningsområdet eller till och med angränsande havsområden under olika delar av sin livscykel. Forsmiljöerna är även viktiga för vattenkvaliteten. Tack vare turbulensen i vattnet hålls syresättningen på en konstant nivå, medan den i mer lugnflytande sträckor kan variera över dygnet. Stränder längs forssträckor har generellt visat en högre artrikedom av kärlväxter jämfört med stränder längs lugnflytande, så kallade selområden, men också att forsstränderna är mer motståndskraftiga mot störning. Forsstränderna bibehåller sin artrikedom under perioder med mycket stora och långvariga översvämningar, medan selsträndernas artrikedom minskar efter sådana översvämningar.

Många arter som har behov av att förflytta sig inom avrinningsområdena eller mellan havet och inlandsvatten når inte nödvändiga livsmiljöer under sin livscykel. Det kan också innebära att populationer blir fragmenterade och sårbara. Vattenkraftens och dammarnas effekter på fisk har varit föremål för omfattande studier, inte minst barriäreffekterna för fiskarter som vandrar mellan hav och sötvatten som lax och ål eftersom dessa hindras från att nå sina reproduktionsområden. Även helt sötvattenlevande fiskarter påverkas eftersom de också har omfattande rörelser i vattensystemet. När vandringen hindras eller försvåras missgynnas bestånden av vandrande fisk. Det innebär en direkt förlust av biologisk mångfald och ekosystemtjänster i form av fiske.

Kunskapen om Sveriges fysiska livsmiljöer är begränsad. Det finns system för att dela in vattendrag i olika typer av livsmiljöer och morfologiska enheter, men kartläggning genom exempelvis biotopkartering är sporadisk. Här finns stor potential att nyttja fjärranalys, GIS och artificiell intelligens för en nationell kartläggning. Det går att ange vilka vattendragstyper och enheter som är mer eller mindre känsliga för vattenkraftsreglering som stöd för att bedöma påverkan. Kartläggning av livsmiljöerna i vattendrag och sjöar behöver stärkas eftersom det är ett viktigt stöd både för vattenförvaltningen och genomförande av naturrestaureringsförordningen men också som utgångspunkt för vilka begränsningar och skyddsåtgärder som behöver vidtas i vattenkraftverk. Kopplingen mellan olika fysiska livsmiljöer och arter är ofullständig med det finns möjligheter att med fjärranalys och GIS göra denna koppling.

3.5 Vattenkraften i relation till ekosystemtjänster

Våra sjöar och vattendrag med dess ekosystem ger oss en rad olika ekosystemtjänster som samhället är beroende av. Det är inte alltid dessa ekosystemtjänster värderas i samband med att tjänsterna nyttjas. Vattenrening, fisk och andra biologiska råvaror, men även kulturella och estetiska värden kommer från sjöar och vattendrag genom fungerande ekologiska strukturer och funktioner. Utan dessa tjänster från ekologiska processer skulle vårt samhälle se helt annorlunda ut. Exempelvis skulle kostnaden för dricksvatten skulle vara betydligt dyrare. Verksamhetsutövare utgår från att det går att släppa ut föroreningar och näringsämnen i vattnet och att de biologiska processerna omhändertar det. Om nyttjandet är allt för omfattande eller att ekosystemen är negativt påverkade av olika miljöproblem, kommer den förmågan vara försämrad. Inom vattenförvaltningen används begreppen god kemisk och god ekologisk status för att definiera var gränsen för vad ekosystemen tål innan förmågan att leverera ekosystemtjänster försämras.



Figur 3 Sambandet mellan ekosystemtjänster och nyttjandet av geosystemtjänster och hur det påverkar balansen mellan bevarande och nyttjande av naturens tjänster.

Vattenkraften är inte direkt beroende av ekosystemtjänster från biologiska processer. Vattenkraften nyttjar i stället lägesenergin i vattendragen och sjöar och i mindre utsträckning rörelseenergin för att omvandla denna till elektrisk kraft. Den här typen av tjänster där energin i vattnet nyttjas i stället för biologiska processer kallas ofta för geosystemtjänster. Andra geosystemtjänster kan vara påfyllnad av grundvattenmagasin, naturliga översvämningsområden så att det inte får stor påverkan på samhällen, men även geologiska resurser såsom grus och berg. Mycket av Sveriges välstånd är ett resultat av nyttjande geosystemtjänster, till exempel vattenkraften och gruvnäringen. Geosystemtjänster är sällan beroende av ekologiska processer för att fungera.

Nyttjandet av geosystemtjänster genom vattenkraften innebär påverkan på de naturliga fysiska processerna, hydromorfologin, i sjöar och vattendrag som sedan är grunden för de ekologiska funktionerna och strukturerna. Man kan se ekosystemen som ett hus där de ekologiska funktionerna och strukturerna bildar ett tak (Figur). Väggarna i huset är de hydrologiska och geomorfologiska processerna såsom rinnande vatten, sedimenttransport respektive fysikalisk-kemiska processer, till exempel vattenkvalité, temperatur, salthalt, med mera. Precis som ett hus behöver väggarna vara stabila och väl fungerande för att upprätthålla taket i form av ekosystem och dess tjänster. Om vi nyttjar geosystemtjänsterna, till exempel tar vattnets inneboende energi till vattenkraft, kommer väggarna att påverkas vilket gör det svårt att upprätthålla ekosystemtjänsterna. Väggarna kommer oundvikligen försämrats vilket ger sämre förutsättningar för ekosystemtjänsterna. Ekosystemen kan anpassa sig till en viss nivå, men det finns en gräns efter vilken ekosystemtjänsterna snabbt kommer försämrats.

Geosystemtjänsterna, såsom elproduktion, har ofta en marknad som värdesätter tjänsten, medan ekosystemtjänster oftast saknar en värdering. Det har inte alltid gjorts en samhällsekonomisk värdering av utbyggnaden av vattenkraften eller vid provning. Det finns inte heller heltäckande kunskap om hur olika miljöanpassningar bidrar till att stärka ekosystemtjänster eller tvärtom om man ändrar vattenreglering till förmån för elsystemet. Sammanfattningsvis behöver kunskapen om eko- och geosystemtjänsternas värde öka, men också hur olika miljöanpassningar bidrar till att stärka ekosystemtjänsterna och hur de ska avvägas mot uttaget av geosystemtjänster.

Kunskapsläget kring ekosystemtjänster från vattendrag och sjöar är fortfarande svagt utvecklat. Det försvårar värderingen av nyttan av fungerande livsmiljöer relativt den samhällsekonomiska nyttan av vattenkraft när samhället måste avväga dessa två värdena. Ekosystemperspektivet kommer också sällan i provningarna. Det finns ett behov av att utveckla dessa analyser ur ett avrinningsområdesperspektiv.

4 Påverkan på hotade arter

I uppdraget ingick även att beskriva vattenkraftens påverkan på hotade arter. I det är kapitlet redogörs för några exempelarter vars biologi störs av vattenkraftverksamhet.

Med hotade arter menas att en art har svårt att överleva i sin nuvarande miljö på grund av olika faktorer och därför löper större risk för att dö ut helt eller inom ett visst område. Olika arter kan pekas ut som hotade i olika direktiv, lagar och naturvårdsbedömningar. Möjligheter att nå målen i artskyddsförordningen och restaureringsförordningen kommer bland annat att vara kopplad till åtgärder i vattenkraften.

Arter som lever i rinnande vatten har minskat kraftigt till följd av fysisk påverkan, såsom vattenkraftsutbyggnad. I vissa fall finns livsmiljöerna kvar, men om arterna inte kan förflytta sig för att söka föda, fortplanta sig eller nå uppväxtområden riskerar de att försvinna.

4.1 Asp (*Leuciscus aspius*)

Asp är en sötvattenslevande fisk som leker över stenbotten i strömsatta, syrerika vatten oftast i mindre vattendrag. Medan yngel lever i mindre stim, ofta i anslutning till strandvegetationen, lever vuxna individer solitärt och i regel pelagiskt i sjöar och stora vattendrag. Likt andra fiskarter som vandrar inom inlandsvatten eller mellan hav och inlandsvatten är aspen beroende av fria vandringsvägar mellan lekplatser, ynglens uppväxtmiljöer och de fullvuxna fiskarnas födosöksmiljöer. Asp är därmed ett bra exempel på hur fiskarter som är beroende av att vandra upp i vattendrag för reproduktion påverkas av dammar. Vattenkraftens utbyggnad hindrar fiskens vandringar och bestånden fragmenteras. Aspens reproduktions- och uppväxtområden förstörs genom fördämningar, onaturliga fluktuationer vid tappning, särskilt under lek, romutveckling och yngeltiden, kan påverka en hel årgång/generation negativt.

4.2 Flodpärlmussla (*Margaritifera margaritifera*)

Flodpärlmusslan lever nästan hela sitt liv nedgrävd till två tredjedelar i bottenstruktivet, i allt ifrån små strömmande bäckar till stora älvar i skogslandskapet. Den behöver vatten som är klart, syrerikt, näringsfattigt och med stabila pH-värden kring 6,7. I flodpärlmusslans livscykel ingår en larvfas då den är beroende av antingen lax eller öring för att kunna förflytta sig upp- och nedströms. Kraftverk och dämmen utgör vandringshinder för flodpärlmusslans värd fiskar. I Sverige uppnår flodpärlmusslan vanligtvis en ålder mellan 100 och 250 år vilket gör att enskilda bestånd kan överleva i många årtionden utan fungerande fortplantning, men efterhand kommer bestånden att försvinna. Avsaknad av värd fisk är ett skäl till att förnygring idag bara sker i ungefär hälften av de svenska populationerna. Överdämda livsmiljöer, vattenreglering med stora, onaturliga flödesvariationer och förändrad vattenkvalitet påverkar flodpärlmusslan negativt.

Livskraftiga populationer av flodpärlmussla i ett vattendrag innebär även att det finns gynnsamma förutsättningar för många andra hotade arter, exempelvis stensimpa, havsnejonöga, flodnejonöga, flodkräfta och tjockskalig målarmussla som alla är listade i artskyddsförordningen men saknar gynnsam bevarandestatus i Sverige.

4.3 Havsnejonöga (*Petromyzon marinus*)

Havsnejonöga, som tillhör djurklassen rundmunnar, är en urtidsfisk som vandrar mellan sött och salt vatten. Som vuxen lever den parasitiskt på andra fiskar i havet. Under sommaren vandrar den upp i vattendragen för att leka varefter de dör.

Havsnejonöga har två faser i sin livscykel. Som larv ligger den nedgrävd på botten i ett vattendrag. Där livnär den sig genom att filtrera vattnet på små organismer och partiklar. Efter fem till åtta år som larv sker en metamorfos (omvandling). Då bildas den karaktäristiska munnen med vassa tänder och en rund sugskiva, och havsnejonögat vandrar nedströms mot havet. Havsnejonöga blir som vuxen upp till 120 centimeter lång. Efter ett till tre år i havet slutar den äta och återvänder till älvar och floder för att leka. Havsnejonöga leker parvis och dör efter leken.

Utbyggnad och reglering av vattendrag har gjort att arten stängts ut från stora delar av sitt naturliga utbredningsområde samtidigt som det påverkar miljöerna för reproduktion och larvernas uppväxt negativt. Vattenreglering med stora, onaturliga svängningar i vattenflöden riskerar att torrlägga lek- och uppväxtområden eller att sedimentbankar spolas bort. Många generationer av nejonögalarver påverkas då av enskilda händelse.

4.4 Ävjepilört (*Persicaria foliosa*)

Ävjepilört växer på blottade stränder vid älvar, sjöar och åar samt från Medelpad och norrut även på havsstränder i brackvatten. Arten är starkt ljusälskande och mycket konkurrenssvag. Ävjepilört anses därför vara beroende av stora naturliga vattenståndsamplituder med högvatten under våren och lågvatten under sommaren. Ishyvling och kontinuerlig påförsel av finkorniga sediment som hindra igenväxning är viktiga för ävjepilört och andra konkurrenssvaga arter som växer omkring medelvattenstandslinjen. Vattenreglering i samband med kraftproduktion är därmed den faktor som har störst negativ inverkan på ävjepilört och andra konkurrenssvaga arter som lever på blottade stränder.

4.5 Strandsandjägare (*Cicindela maritima*)

Strandsandjägaren är en rovskalbagge som förekommer på väl solexponerade sandstränder vid vattendrag, kustdynområden och, mera sällan, sjöar. Vuxna individer är bundna till torr, rörlig, vegetationslös sand nära vattnet, medan larverna kräver tämligen fuktig, hårt packad finsand, ofta med ytterst gles markvegetation och vid övergången mot högre vegetation. Vid åar och älvar uppträder strandsandjägaren på större sandbankar ovanför eller i nivå med älvens normala högvattenstånd. Lämpligt habitat bildas endast vid vattendrag med betydande erosions- och sedimentationsaktivitet.

Vattenkraft är den största orsaken för försämring av artens bevarandestatus i inlandet. Sandbankar längs eller i älvar är för sin nybildning helt beroende av älvens, säsongsbundna vattennivåfluktuationer och fungerande sedimenttransport. Vattenregleringar kan dränka sediment, förhindra deras nybildning genom ändrade strömförhållanden eller leda till att de växer igen i brist på naturliga vattennivåfluktuationer. Stora vattenkraftmagasin fångar en stor del av transporten av sediment.

4.6 Ål (*Anguilla anguilla*)

Ålens livscykel omfattar flera olika stadier (larv, glasål, gulål och blankål). Larverna förs med Golfströmmen från Sargassohavet till Europa. När ålen kommer till den svenska kusten stannar den antingen kvar i kustområdena eller fortsätter sin vandring upp i sötvatten. Ålar kan ta sig fram över land på fuktigt underlag vid vandringarna och uppför nästan vertikala ytor, som exempelvis fördämningar. När gulålen väl har hittat ett lämpligt uppväxtområde rör den sig inte några längre sträckor. När gulålen börjar närma sig könsmognad antar den en grå till silvergrå färg varpå den aktivt påbörjar sin vandring tillbaka till Sargassohavet för fortplantning. Vad som avgör hur länge en gulål stannar innan den vänder tillbaka till Sargassohavet är okänt.

Ålbeståndets storlek och utveckling påverkas av en rad mänskliga påverkansfaktorer där effekterna av fiske, förlust av livsmiljöer och vattenkraftens påverkan lyfts fram som betydande. Vattenkraften bedöms vara den faktor som orsakar högst dödlighet för den blankål som vuxit upp i svenska sötvatten. Vattenkraft, dammar och torrfåror hindrar eller begränsar den unga ålens möjlighet att nå de sötvattensmiljöer där arten tidigare varit utbredd. Vattenkraften medför även att ål som tagit sig upp eller satts ut uppströms till stor del dör i turbinerna när de vandrar ut till havet som blankål. Även om dödligheten vid varje vattenkraftverk kan variera så är den sammanlagda dödligheten efter flera kraftverkspassager generellt hög. I vissa reglerade vatten sker fångst och nedströmstransport av blankål, så kallad trap-and-transport förbi kraftverken.

Fortsatta och mer omfattande åtgärder krävs för att på sikt återställa vandringsmöjligheter och tillgängliga livsmiljöer där naturligt invandrande ål förekommer. I HaVs redovisning av regeringsuppdraget i oktober 2025 om att ta fram förslag till reviderad nationell förvaltningsplan för europeisk ål, beskrivs förslag på inriktning, mål, övervakning och prioriterade förvaltningsåtgärder. Den reviderade förvaltningsplanen omfattar även en utvärdering som beskriver statusen för det svenska delbeståndet, effekter av mänsklig påverkan och de framsteg som hittills gjorts i genomförandet av den nationella förvaltningsplanen.

5 Möjliga lösningar för fiskpassager

Redovisningen i detta avsnitt är en sammanfattning och bygger främst på information tagen från HaVs [vägledning om fisk- och faunapassager](#).

Fiskar vandrar för att nyttja tillgängliga resurser som kan variera efter säsong eller bero av vilket utvecklingsstadium fisken befinner sig i. Vandring för att hitta föda, söka skydd under vintern, för att leka är några exempel på fiskars vandringar och de kan sträcka sig allt från några meter till hundratals kilometer. Vandringar sker inom och mellan vattendrag, till och från biflöden, till och från andra vattendrag eller sjöar och ibland till och från havet.

För att möjliggöra fiskpassage förbi vandringshinder har anläggande av fiskvägar tillämpats som åtgärd sedan långt tillbaka. Från början anlades fiskpassager för att möjliggöra för uppströmsvandrande laxfiskar att kunna ta sig till lekområden, framförallt i Nordamerika och Europa på grund av laxfiskars kulturella och ekonomiskt höga värde. Över tid har fokus för uppströmslösningar kommit att vidgas till att inkludera fler arter än bara laxfisk.

Dessutom har det påbörjats arbete med att skydda fisk på väg nedströms från att passera turbiner genom att anlägga lösningar för nedströmspassage.

Det som komplicerar utformningen av passagelösningar är att de behöver vara plats- och artspecifika. En lösning som fungerar bra på en plats behöver inte nödvändigtvis vara den bästa lösningen på en annan plats. Principen för hur man bör tänka i samband med utformningen är dock densamma oberoende av plats

5.1 Uppströmsvandring

För uppströmsvandring av fisk finns olika lösningar med varierande tekniska krav och möjligheter. Passagera har normalt följande principiella utformning:

- Insteg på nedströmssidan
- Anlockning (det vill säga det som lockar fisk till att använda passagen)
- Stigränna
- Utsteg på uppströmssidan

Den grundläggande funktionen i fiskpassagen är beroende av att konstruktionen är hel, att anlockningsströmmen når ut i vattenmiljön nedströms och att tillräckligt med vatten strömmar igenom för att upprätthålla det vattendjup och den strömhastighet som behövs för att målarterna ska kunna passera genom fiskpassagen.

Uppströmspassager brukar delas in i *tekniska* och *naturlika* lösningar. De tekniska lösningarna utgörs av byggnadsverk medan de naturlika ska efterlikna ett naturligt vattendrag. Naturlika fiskvägar används främst på platser med mindre fallhöjd och är vanliga i mindre vattendrag. De är också mest lämpliga om målarterna både är stark och svagsimmande. Tekniska konstruktioner blir normalt aktuella på platser med hög fallhöjd, begränsat utrymme och/eller stort flöde. Slitrännor och omlöp är de typer av passager som har varit vanligast i Sverige fram till idag.

Det krävs speciallösningar för ål eftersom arten har en, för svenska fiskarter, unik livscykel med uppväxtområden i sötvatten och lekområden i Atlanten (Sargassohavet). Det innebär

att det är ålens yngel och inte den vuxna fisken som behöver kunna passera uppströms vilket ställer andra krav på passagen. Ofta används begreppet *ålyngelledare*.

Efter anläggandet behöver åtgärder utvärderas. Utvärdering av en faunapassage kan ske genom kontroll av funktion (fisk kan passera), anlockning (hur stor andel som lockas till fiskvägen) och effektivitet (hur stor andel av fiskar som kan passera). Verksamhetsutövaren ansvarar för kontroll och underhåll så att funktionen upprätthålls, till exempel genom att se till att rätt mängd vatten tappas vid rätt tidsperioder, att flödet regleras vid behov, att passagen och eventuella galler rensas från skräp och att felaktigheter åtgärdas.

5.2 Nedströmsvandring

Vattnets hastighet i vattendraget och intagskanalen (anloppshastigheten) i relation till fiskens simkapacitet påverkar fiskens möjlighet att navigera i området närmast turbininloppet. Det kan därför vara svårt för fisk att hinna uppfatta och svara på signaler som ska locka dem till en ingång i en nedströmspassage då de befinner sig i området under kort tid (på grund av hög hastighet då de simmar med strömmen). Därför används ofta olika typer av avledare för att hindra fisk att passera turbiner och istället leda dem till en säkrare passage.

Beroende på fiskarnas storlek, turbinernas utformning och fallhöjd i anläggningen varierar dödligheten och skaderisken för fiskarna när de tvingas passera nedströms via turbinerna. Med en fungerande avledning kan andelen fisk som passerar genom turbinerna minskas. Lösningar för nedströmsvandrande fisk är relativt nya jämfört med passagelösningar för uppströmsvandrande fisk. Nedströmspassager bygger på principen att man avleder fauna, vanligen fisk, till en flykträna eller i en del fall en uppsamlingsanordning för vidare transport nedströms. I vissa fall kan samma passage för nedströmsvandring som för uppströmsvandring, exempelvis kan avledning ske till ett omlöp.

Passagerna har normalt följande principiella utformning:

- Avledare på uppströmssidan
- Flyktöppning
- Flykträna (eller uppsamlingsanordning)
- Utlopp på nedströmssidan

I bilaga 2 presenteras beskrivs exempel på olika vandringslösningar.

6 Behov av kunskapsutveckling

Enligt uppdragsformuleringen ska HaV utöver sammanställningen av vattenkraftens påverkan belysa eventuella luckor eller brister i befintligt underlag, samt föreslå hur kunskapen vid behov kan utvecklas.

Vattenkraftens påverkan har utretts under lång tid och det finns omfattande litteratur nationellt och internationellt som beskriver olika effekter som vattenkraft ger upphov till i miljön, vilket kortfattat har presenterats i den här redovisningen. Även om ny kunskap rörande vattenkraftens påverkan utvecklas och nya upptäckter inom området görs kvarstår det att konstatera effekterna i den svenska vattenmiljön. Brister i egenkontrollen men också i den statliga miljöövervakningen gör att betydande negativa effekter inte fångas och därmed inte ingår i provningsunderlagen. Många förändringar kan vara långsamma och gradvisa, men kostsamma att åtgärda när de väl upptäcks. Långsiktighet i uppföljning av effekter av påverkan, men också genomförda åtgärder är viktigt. Förändringar i vattenmiljön i samband med vattenreglering kan också ge upphov till andra samhällsproblem, exempelvis erosionsproblematik, ökad skredrisk, ökad översvämningssrisk och förlust av vatten i samband med vattenbrist. Kunskapen kring vattenkraftsmagasinens betydelse för vattenbalansen i ett avrinningsområde med vattenbrist eller översvämningar är ofta baserad på antaganden. Det kan därför finnas goda skäl av att utveckla denna kunskap, även för andra sektorer som också är beroende av samma vatten. Det förutsätter dock att information om vattenregleringen är tillgänglig, exempelvis för SMHI, så som görs i många andra länder.

Den nationella planen för omprövning av vattenkraften för moderna miljövillkor (NAP) beslutades i juni år 2020. Sedan planen beslutades har cirka 150 ansökningar för omprövning av vattenkraftverksamheter som inkommit till domstolarna remitterats till HaV. HaV ska enligt 31 § 2 p. förordning om vattenverksamheter (1998:1388) fortlöpande följa genomförandet av planen och för uppföljningen sammanställer HaV uppgifter från ansökningar såväl som domar för de verksamheter som omfattas av NAP. Av de ansökningar som inkommit och de domar som beslutats framgår att åtgärder för att minska flertalet effekter som uppstår till följd av vattenkraftens påverkan inte ingår i sökandenas yrkanden. Generellt behöver kunskapen om vattendragens och sjöarna fysiska processer öka med hjälp av utbildning både hos verksamhetsutövare och myndigheter. Samma gäller konsekvenser för fysikalisk-kemiska processer.

Kunskapen om vattenkraftens negativa miljöeffekter behöver kompletteras med god kunskap om vilka åtgärder som är lämpliga för att motverka de negativa effekterna. För att veta vilka åtgärder som krävs behöver den som bedriver verksamheten ha kunskap om vilken effekt dennes verksamhet genererar i miljön. Det följer av miljöbalkens regler. Det finns också ett ansvar både hos myndigheter och verksamhetsutövare att följa det som händer i verksamheten eller omgivningarna till vattenkraftverk. Hav bedömer dock att det finns skäl att på ett bättre sätt sammanställa kunskap kopplat till åtgärder på ett mer lättåtkomligt sätt gärna i samarbete mellan myndigheter och verksamhetsutövare.

Vidare behöver tillsynsmyndigheterna i deras arbete med tillsyn ha kunskap om vilka krav som kan ställas på en verksamhet för att säkerställa att gällande miljölagstiftning efterlevs. Åtgärder behöver följas upp för att det ska gå att bedöma vilken respons de får i miljön,

både inom det område som verksamheten direkt påverkar och på avrinningsområdesnivå för att kunna möjliggöra en ekosystemsbaserad förvaltning där samtliga påverkanstryck, och alltså inte bara de som uppstår till följd av vattenkraft, beaktas.

Vattenkraften och de vattenmiljöer som påverkas är komplexa system. Det kommer alltid finnas oförutsedda negativa men också positiva förändringar som inte noteras i samband med prövning. Av det skälet behöver både myndigheter och verksamhetsutövare följa systemen men också vara öppna för diskussion när nya förändringar upptäcks. Villkor i tillstånden kan behöva revideras både utifrån ny kunskap om påverkan och effekterna av åtgärder. Utvecklade villkor utifrån funktion snarare än konstruktion kan vara ett sätt att gå vidare.

Sammanfattningsvis har kunskap och medvetenheten kring vattenkraften påverkan på vattenmiljöerna utvecklats betydligt de senaste 20 åren. Det är viktigt att den här utvecklingen fortsätter eftersom vattenkraft är en viktig komponent i ett fossilfritt elsystem. I bilaga 1 listas exempel på kunskapsluckor som HaV identifierat i detta uppdrag.

6.1 Sammanfattning

HaV konstaterar att det finns omfattande nationell och internationell vetenskaplig litteratur kring vattenkraftens övergripande påverkan på vattenmiljön. Det saknas dock uppföljning och analys av vattenreglering och vattenkraftens faktiska påverkan på regional och lokal nivå.

En brist är avsaknaden av miljörapporter där verksamheternas påverkan på miljön genom vattenreglering redovisas. När det saknas kunskap om den lokala fysiska påverkan är risken att skyddsåtgärderna inte blir effektivt utformade i miljöprövningsprocessen.

Om kunskapsläget utvecklas ökar således förutsättningarna att de åtgärder som är mest lämpliga att vidta, både ur ekonomisk och miljömässiga hänsyn, kan genomföras vid fastställandet av moderna miljövillkor.

HaV föreslår att regeringen ger HaV i uppdrag att undersöka förutsättningarna för ett fristående nationellt kunskapscentrum om vattenkraft för bättre samordning av de forskningsinsatser och kunskapsinhämtning som pågår runt om i landet och med tydligare koppling till åtgärder. HaV ser också potential att utveckla samarbete med andra länder som har likartad naturgeografi och stor andel vattenkraft genom internationella projekt.

6.2 Bilaga 1 Exempel på kunskapsluckor

Effekt	Kunskapslucka/-or	Vad krävs för att utveckla kunskapen
Förändrade flöden och vattennivåer	• hur onaturliga vattenståndsförändringar i reglerade sjöar och magasin påverkar litoralzonerna på kort och lång sikt • var cementering av botten (clogging) förekommer vid svenska vattenkraftverk och identifiera riskfaktorer som påverkar denna negativa effekt • vilka amplituder och hastigheter för vattennivåförändringar i sjöar och vattendrag innebär strandning av fisk och hur det påverkar bottenfauna och makrofytter • vilka delar i flödesregimen som har en påverkan på beteenden hos fisk	• Litteraturstudier av forskningsrön från olika länder • Underlag från verksamhetsutövarnas egenkontroll • Krav på återrapportering till SMHI avseende vattenreglering • Studier och försök av fiskarters respons på vattenstånds- eller flödesförändringar • Metoder och indikatorer för svenska förhållanden för att kvantifiera hydromorfologisk påverkan på vattendrag och biologi. • Ändrad lagstiftning som innebär att framtagandet av miljöanpassade flöden i domstolen sker enligt en standardiserad metod • Krav på verksamhetsutövare att genomföra vissa typer av utredningar, kontroller samt krav på miljörapport • Utveckla metod för miljöanpassad reglering utifrån "building block-metoden"
Morfologiska processer	• Kunskap om hur stor den naturliga transporten av sediment längs botten och suspenderat i vattenmiljön i reglerade vattendrag är. • Hur kan man följa upp sedimentfångst i vattenkraftens magasin som del i egenkontrollen • Det saknas idag information om vilka vattendrag som är känsligast för påverkad	• Det nationella mätprogrammet för sedimenttransport avslutades 1984. Det finns ett stort behov att återinföra detta mätprogram för att öka kunskapen om sedimenttransport, erosion, deposition m.m. Mätning av sedimenttransport kan kopplas till SMHI befintliga mätstationer i vattendrag. • Utveckla riskbedömningar för vattenförekomster med vattenkraft som har störst risk att påverka sedimentprocesser och erosion och som kan få stora konsekvenser för vattenmiljön eller samhället, t.ex, skred och ras. • Teknik/sensorer för att mäta sedimenttransport vid vattenkraftverken automatiskt, tex med turbiditetsmätare eller laser som del av egenkontrollen • Enkla bedömningsgrunder för att identifiera morfologiska konsekvenser av påverkade sedimentprocesser • Utvecklad nationell kartläggning av hydromorfologiska typer i vattendrag för att stödja referensförhållande och känslighet för vattenkraftens påverkan • Modellering av sedimenttransport med stöd av GIS och SMHI modellering för att bedöma referensförhållandet och risk för sedimentfångst i magasinet

	sedimenttransport Hur vattenregleringen påverkar erosion och deposition nedströms kraftverken och hur det påverkar bildandet och upprätthållande av vattenanknutna landformer och därmed akvatiska livsmiljöerna	- Metoder för att kompensera bristande sedimenttransport på grund av vattenkraftverk nedströms dammen, till exempel grusbänk i vattendraget som får eroderas och frigöra material - Underlag från verksamhetsutövarnas egenkontroll - Krav på verksamhetsutövare att genomföra vissa typer av kontroller samt krav på miljörapport - Bedömningsmetod för att avgöra hur omfattande påverkan från den enskilda verksamheten har på sedimenttransporten i vattendraget och vilken negativ effekt det får på morfologin och ekosystemet - Identifiera storskaliga morfologiska förändringar som har uppkommit på grund av vattenkraften relativt naturliga förändringar
Fysikalisk-kemiska tillstånd	- hur omfattande påverkan från den enskilda verksamheten på temperaturen i vattendraget och vilken negativ effekt får det på miljön - vilka effekterna blir av förändrad temperatur på vattenkemiska processer nedströms kraftverken - Relationen mellan magasinens storlek och form och bildandet av termoklin i magasinen - Vilka kraftverk är i riskzon för gasövermättnad i Sverige - Påverkan från enskilda verksamheter på syrehalt upp- och nedströms anläggningen och i relation till vattensystemet i sin helhet	- Standardiserade sätt att mäta temperatur samt den biologiska responsen utifrån temperaturen - Metod att genomföra termoreglering i vattenkraftverken för att dämpa negativa effekter av snabba temperaturförändringar - Generella mått på biologisk respons till följd av temperaturpåverkan - Typiska åtgärder för att minska eventuell negativ effekt av temperaturförändringar (tekniska och driftmässiga) - Forskning kring samband mellan förändrad temperatur och vattenkemiska processer - Fjärranalysmetoder för att mäta förändringar i temperatur - Mätning av temperatur i de större magasinen - Mätning av syrehalt vid respektive verksamhet - Metod för riskbedömning av gasövermättnad nedströms vattenkraft - Krav på verksamhetsutövare att genomföra vissa typer av kontroller samt krav på miljörapport
Bristande konnektivitet	Kunskap och metoder att fastställa referensförhållanden för fiskfauna i	- Litteraturstudier av forskningsrön från olika länder - Krav på verksamhetsutövare att genomföra vissa typer av kontroller samt krav på miljörapport

	vattendrag med vattenkraft beaktande naturliga vandringshinder för olika arter • Kunskap om vilken vattendragslutning och längd som utgör naturliga vandringshinder för olika fiskarter. Underlag för effektiva fiskvägar • Kunskap kopplat till anlockningsproblematik • Utformning av åtgärder för svagsimmande arter • Avledningsanordningar vid större vattenkraftverk • Funktionalitet av faunapassager för nedströmsvandring för akvatiska arter i olika livsstadier.	• Sammanställning av krav som ställs på motsvarande verksamheter i andra länder • Utveckling och utvärdering av fiskvänligare turbiner i kraftverk
Påverkan biologisk mångfald	• Kunskapen om biologiska effekter på svämplan och sedimentbankar på grund av vattenregleringen • Faunapassagers funktionalitet avseende akvatiska evertrebrater, exempelvis signal- och flodkräfta • Om vattenmagasin eller andra lugnvatten som uppstår ovanför dammen kan fungera som en språngbräda för spridning av	• I dagsläge fokuserar forskning på migrerande fiskarter, framförallt olika arter av laxfisk. Liknande forskning behövs även för att kunna bedöma olika faunapassagelösningars effekter för svagsimmande fiskarter och akvatiska evertrebrater. • Forskning om hur vattenmagasin eller andra lugnvatten som uppstår ovanför vattenkraftsdammar påverkar spridningsmöjligheter för invasiva främmande arter, nedströms. Utveckling och/eller sammanställning av ändamålsenliga metoder som hindrar spridning av invasiva främmande arter, som exempelvis signalkräfta, bäckröding, puckellax eller svartmunnad smörbult. Avser främst uppströmsvandring genom faunapassager men också trösklar, strömpartier m.m. som uppstår vid utrivningar. • Sammanställning av tillgänglig vetenskaplig kunskap om patogeners påverkan på vilda arter och stammar av fisk. • Strategisk kartläggning, inventeringar och undersökningar av skyddsvärda och hotade arter och populationer, inklusive hälsoövervakning av vilda akvatiska arter. • Åtgärdsuppföljning

	invasiva främmande arter. Kunskapen om åtgärder för att förhindra uppströmsspridning av sådana arter inklusive patogener är begränsad. • Kunskapen om förekomst av och patogeners påverkan på vilda fiskarter och stammar är relativt begränsad. • Kunskaperna om biologisk mångfald i våra akvatiska miljöer är generellt låg. Det finns en del om var sällsynta och hotade arter finns men för huvuddelen av våra sjöar och vattendrag är kunskaperna bristfälliga eller saknas ofta helt. • Kunskaperna om akvatiska värden och bevarandevärden är låga både inom och utanför skyddade områden. Särskilt problematiskt är detta i limniska Natura 2000-områden där kunskaper om förekomst av utpekade bevarandevärden och typiska arter ofta saknas vilket innebär att statusen för området inte kan bedömas. • Nationella miljöövervakningsprogram fokuserar på vattendrag med	
--	--	--

	låg påverkan och lämpar sig därför dåligt att bedöma påverkan på biologisk mångfald i påverkade vatten.	
--	--	--

6.3 Bilaga 2 Exempel på olika vandringslösningar

Som nämns i avsnitt 5 så finns det både naturlika och tekniska lösningar. Här beskrivs några typiska anordningar.

För uppströms passagelösning

Omlöp

Ett omlöp är ett exempel på en naturlig, men helt eller delvis konstgjord, bäckfåra förbi ett vandringshinder. Olika typer kan dock särskiljas beroende på uppbyggnaden. I vissa fall har konstruktionen drag av en teknisk fiskväg genom att bassänger skapas av blockrader i stigrännan medan andra anläggs med målet att morfologiskt efterlikna ett naturligt vattendrag. Natursten används som grund i konstruktionen, men i många naturliknande fiskvägar används även andra material, främst betong, dammduk eller geotextil.

Inlöp

Inlöp är också en naturlig lösning där fallhöjden vid dammen utjämnas genom att en naturliknande passage byggs in i dammen. Vid byggandet av ett inlöp behövs en skiljevägg mot dammen.

Kombination

En naturliknande fiskväg, vanligen omlöp, som kombineras med en teknisk fiskväg.

Bassängtrappa/kammartrappa

Utgörs av en serie på varandra följande bassänger som utjämnar höjdskillnaden. Varje tvärvägg är försedd med öppning i över- och/eller underkant.

Slitsränna Liknar kammartrappan/bassängtrappan, men har en eller två öppningar i tvärväggarna från botten till yta, så kallade slitsar.

Motströmsränna/denilränna

Teknisk lösning där tvärstående slitsade lameller vinklas mot strömmen i en ränna. Dessa skapar en motström som möjliggör fiskpassage. Kan monteras med hög lutning.

Ålyngelledare

Ett rör eller ränna med ett innermaterial, till exempel borst eller sten, där ålynglen kan klättra upp.

För nedströms passagelösning

Avledning

- Styrning av fisken bort från turbiner/intaget och mot en säkrare passage som till exempel en flyktöppning eller ett omlöp.
- Fiskanpassade galler: galler med låg lutning (t.ex. $<45^\circ$) och mindre spaltvidd än konventionella.

- Ledarmar ("skimming walls"), flytande ledare, särskilda fysiska strukturer som avleder fisk.
- Beteendeavledare: exempelvis bubblor, ljus, ljud, el-barriärer – används där fysisk avledning är svår att täcka helt.
- Kombinerat galler och beteendeavledare
- Konventionella galler: kan fungera som grund, men de är inte optimala för avledning av fisk om inte kompletterade med flyktväg.
- Gallers lutning: låg lutning (cirka 30°) är att föredra för att minska risken att fisk fastnar eller pressas mot gallret.
- Mindre spaltvidd ökar säkerheten för fisk, men innebär större hydraulisk påverkan/fallförlust.
- Avledaren måste vara placerad och utformad så att fisken har tid och möjlighet att reagera – vid hög vattenhastighet är det svårare.

Flyktöppningar

Ingången till passagen nedströms.

- Vattenhastigheten genom flyktöppningen och omgivande område bör vara sådan att fisken har möjlighet att hitta och gå in i öppningen.
- Flyktöppningen ska vara dimensionerad utifrån de största individerna av målarten.
- Effektiv höjd för flyktöppningen påverkas av gallrets lutning.

Flykträna

Själva kanalen/passagevägen nedströms som fisken leds till genom flyktöppning.

- Kan vara tub (sluten tunnel) eller öppen ränna.
- Starten av flyktrännan kan ha en reglerbar tröskel eller klafflucka för att styra flödet till passagen.
- Viktigt att utformningen minimerar risken för skador (exempelvis snabba accelerationer, kraftiga fall, hopp ur rännan vid öppen kanal).

Vid "skonsam drift" kan befintlig anläggning ibland användas (t ex utskov och spillfåra).

Flyktrännans utlopp

Det sista steget där passagen mynnar ut till vattendragets huvudfåra.

- En fisk som faller fritt efter att ha nått utloppet av en nedströmspassage kan skadas om höjden på fallet är för stor, om djupet vid nedslagsplatsen är för litet och om det förekommer stenar eller likande som fisken kan slå sig emot.
- Mindre skaderisk om fisk dock får falla fritt än om nedströmspassagen mynnar ut under vatten.

Bör ej anläggas i lugnvatten eller bakvatten för att minska risk för predation.