



Aqua reports 2021:2

Vad händer med avrinningsområdenas ekosystemtjänster i ett framtida klimat?

Sara Bergek och Leonard Sandin



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Vad händer med avrinningsområdenas ekosystemtjänster i ett framtida klimat?

English title: What happens in a future climate with catchment ecosystem services?

Sara Bergek

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Leonard Sandin

Norwegian institute for water research (NIVA)

Rapportens innehåll har granskats av:

Joacim Näslund, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Andreas Bryhn, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär:

EU/LIFE och Havs- och vattenmyndigheten (genom anslag 1:11 Åtgärder för havs- och vattenmiljö)

(HaV:s dnr 2883-18).

Publikationsansvarig:

Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU),
Institutionen för akvatiska resurser

Utgivare:

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Utgivningsår:

2021

Utgivningsort:

Lysekil

Illustrationer:

Arbogaån vid Jädersbruk. Foto: Sara Bergek

Serietitel:

Aqua reports

Delnummer i serien:

2021:2

ISBN:

978-91-576-9837-7 (elektronisk version)

Nyckelord:

ekosystemtjänster, klimatförändring, översvämning, tillståndsbedömning, indikatorer



**Havs
och Vatten
myndigheten**

Sammanfattning

Ekosystemtjänster, de nyttor som ekosystemen tillhandahåller människan, är idag ett etablerat begrepp. Även om begreppet används mer och mer frekvent i den svenska förvaltningen finns ett behov att utarbeta bedömning av tillstånd och metodik för att övervaka eventuella förändringar för dessa tjänster, inte minst i tjänster från sötvatten.

Sötvattensmiljöer är bland de mest påverkade miljöerna av mänsklig verksamhet. Den biologiska mångfalden minskar och klimatförändringar är ett växande hot. I denna rapport testas metodik för bedömning av tillstånd på ekosystemtjänster på lokal nivå. Rapporten ger en bild över tillstånden på ekosystemtjänsterna i nuvarande klimat och en analys över hur ett urval av ekosystemtjänster kan komma att påverkas givet kommande klimatförändringar i Sverige med mer frekventa översvämningar.

Studien är gjord i två fallstudieområden, Arbogaåns och Bällstaåns avrinningsområden. Bedömningen av ekosystemtjänsternas tillstånd är gjord baserat på befintliga direktiv (främst Vattendirektivet och de nationella miljömålen) samt en slutlig expertbedömning. För Arbogaåns avrinningsområde bedömdes majoriteten av ekosystemtjänsternas tillstånd i nuvarande klimat som måttlig. Endast två ekosystemtjänster, rekreation och vetenskap och utbildning bedömdes ha god status. För Bällstaåns avrinningsområde bedömdes däremot flertalet ekosystemtjänsters tillstånd i nuvarande klimat som dålig. En ökad översvämningssrisk påverkar flertalet av de utvalda ekosystemtjänsterna negativt. Då en negativ effekt observeras för viktiga stödjande ekosystemtjänster som biologisk mångfald och livsmiljö i de båda avrinningsområdena riskerar indirekt också majoriteten av resterande ekosystemtjänsterna i vattenekosystemet att bli negativt påverkade.

Rapporten ger en bild över ekosystemtjänsternas nuvarande tillstånd och hur klimatförändringar, med ökade översvämningssrisker i Sverige kan påverka tillståndet i framtiden. Översvämning kan leda till läckage av näringsämnen, humusämnen, avloppsvatten, föroreningar och därmed också påverka vattenkvaliteten och ekosystemen i vattnet. Av de ekosystemtjänster som undersöks i denna studie kommer viktiga stödjande ekosystemtjänster som biologisk mångfald och livsmiljö samt reglerande ekosystemtjänster som reglering av övergödning potentiellt påverkas negativt av översvämning. För att undvika att detta sker är det viktigt med fortsatt forskning och analys över tillstånd och åtgärder som kan minimera negativ påverkan på ekosystemtjänsterna i samband med ett förändrat klimat.

Nyckelord: ekosystemtjänster, klimatförändring, översvämning, tillståndsbedömning, indikatorer

Abstract

Ecosystem services, the benefits that ecosystems and their organisms provide to humans, is today a frequently used term. Although the term is well established, there is a need to continue the development of assessments and methodologies to be able to monitor changes and trends in the state of ecosystem services, including those emanating from freshwaters.

Freshwater environments are among the most affected environments by human activity and biodiversity is declining. Climate change is a growing threat. In this report a methodology for assessing ecosystem services in water is tested. The report provides a picture of the conditions on ecosystem services in the current climate and an analysis of how a selection of ecosystem services may be affected given future climate changes in Sweden with more frequent floods.

The study was conducted in two case study areas, the Arbogaån and Bällstaån catchment. The assessment of the state of ecosystem services is made based on assessments from existing directives (mainly the Water Framework Directive and the national environmental objectives) and a final expert based assessment. For the Arbogaån catchment area, the majority of the ecosystem services' condition in today's climate were assessed to be moderate quality. Only two ecosystem services, recreation and science and education were assessed to have good status. For the Bällstaån catchment area, however, the condition of most ecosystem services in today's climate were assessed as poor. Analysis of the impact of an increased flood risk was performed on a selection of ecosystem services. An increased risk of flooding has a negative effect on most of the analyzed ecosystem services. When a negative effect on important supportive ecosystem services such as biodiversity and habitat is observed, the majority of ecosystem services in the catchment areas will also be indirectly negatively affected.

The report provides an overview of the current state of ecosystem services and how climate change, with increased flood risks in Sweden, may affect the state in the future. Flooding can for example lead to increased leakage of nutrients, sewage water and pollutants and thereby affect water quality and entire ecosystems. In this study, we found that important supporting ecosystem services such as for example biodiversity and habitat and regulating ecosystem services such as regulation eutrophication can potentially be negatively affected. To avoid the risk, it is important to continue research on assessment methods and measures that can minimize negative impacts in connection with climate change.

Keywords: Ecosystem services, climate change, flooding, assessment, indicators

Förord

Denna rapport utgör redovisning av action C3:3 inom LifeIP projektet Rich Waters, med stöd av EU:s LIFE-program och Havs- och vattenmyndigheten (genom anslag 1:11 Åtgärder för havs- och vattenmiljö). Rapporten utgör även rapportering av överenskommelser mellan SLU och HaV (HaV:s dnr 2883-18).

SLU:s delprojekt C3:3 ligger inom action C3 där SLU tillsammans med Länsstyrelsen i Stockholm, Västmanland och Västra Götaland identifierar översvämningsområden, förorenade områden och effekter på vattenkvaliteten och ekosystemtjänster. Rapporten sammanfattar översvämningsområdenas möjliga effekter på ekosystemet och ekosystemtjänster i två studieområden, Arbogaåns- och Bällstaåns avrinningsområde. Ansvar för innehållet i denna rapport/publikation ligger helt och hållet hos författarna. Innehållet återspeglar inte Europeiska unionens officiella hållning.

Innehållsförteckning

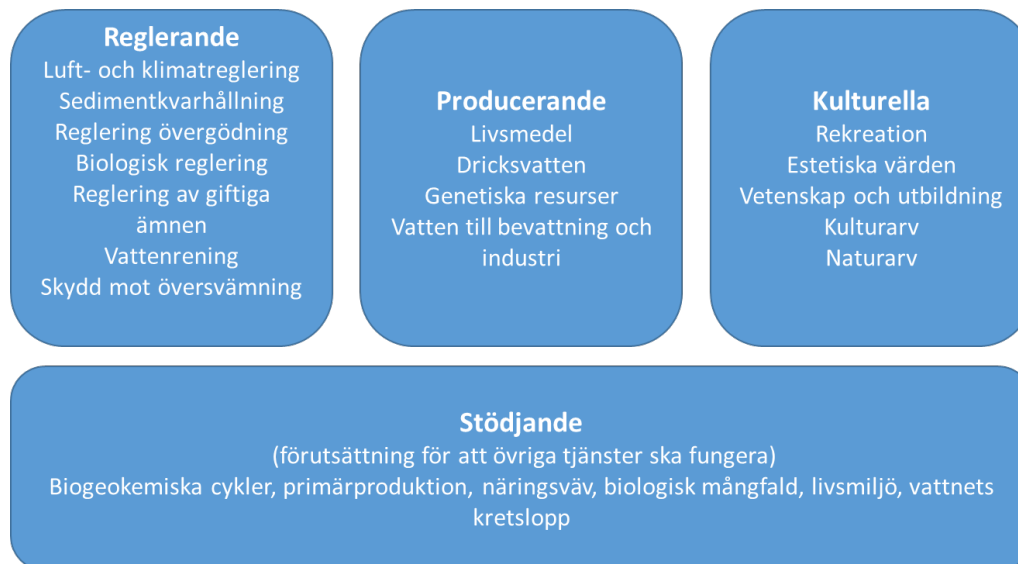
Förord	5
1. Inledning	8
2. Metod och avgränsningar	12
2.1. Studiemråden	12
2.1.1. Arbogaåns avrinningsområde	12
2.1.2. Bällstaåns avrinningsområde	12
2.2. Metod bedömning av tillstånd i ett framtida klimat	14
2.2.1. Steg 1. Identifiering av viktiga ekosystemtjänster	14
2.2.2. Steg 2. Bedömning av tillstånd nuvarande klimat	15
2.2.3. Steg 3. Hur påverkas ekosystemtjänster av översvämning?	17
2.2.4. Steg 4. Bedömning av tillstånd framtida klimat	19
2.3. Avgränsningar	19
3. Resultat och diskussion	20
3.1. Identifiering av viktiga ekosystemtjänster i studieområdena	20
3.2. Bedömning av tillstånd i nuvarande klimat	20
3.3. Hur påverkas ekosystemtjänsterna av översvämning?	24
3.3.1. Arbogaåns avrinningsområde	24
3.3.2. Bällstaåns avrinningsområde	28
3.4. Bedömning av tillstånd i framtida klimat	31
4. Slutsatser och rekommendationer	34
Referenser	36
Tack	41
Bilaga 1. Organisationer/företag representerade på de workshops som hölls 2017	42
Bilaga 2. Indikatorer som är utvalda att kunna representera ekosystemtjänsters tillstånd...	43
Bilaga 3. Utvalda indikatorer i befintliga direktiv	44
Utvalda indikatorer från Vattendirektivet (2000/60/EG)	44

Utvalda indikatorer ur miljömålsportalen	46
Utvalda indikatorer ur Art- och habitatdirektivet och Badvattendirektivet.....	48

1. Inledning

Människor är beroende av en rad olika varor och tjänster som kommer från ekosystemen som omger oss. Dessa kallas för ekosystemtjänster, alltså de nyttor ekosystemen och dess organismer tillhandahåller människan och detta är idag ett etablerat begrepp.

Ekosystemtjänster ger förutsättningar för vår välfärd och existens (Costanza et al. 1997; MEA, 2005, TEEB 2010). Det finns flera etablerade beskrivningar av ekosystemtjänster. En vanlig sådan är den som arbetades fram av Millenium Ecosystem Assessment (MEA 2005) där ekosystemtjänster beskrivs som beskrivs som fördelarna som människor får från ekosystem. En annan definition arbetades fram av The Economics of Ecosystem and Biodiversity (TEEB 2010) där ekosystemtjänster beskrivs som ekosystemens direkta och indirekta bidrag till människors välbefinnande (TEEB 2010). Den största skillnaden mellan MEA och TEEB är hur man definierar ekosystemtjänster och de nyttor dessa skapar. MEA gör ingen skillnad på dessa, medan TEEB särskiljer nyttor från ekosystemtjänster. I en tredje definition, Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) (Haines-Young et al. 2017) har indelningen i MEA (2005) utvecklats för att underlätta värderings- och räkenskapssyften. Utöver dessa klassificeringar finns även andra indelningar (se t. ex. sammanställning i La Notte et al. 2017). I denna rapport använder vi oss av den indelning av ekosystemtjänster som anges i FN:s utvärdering Millennium Ecosystem Assessment (MEA 2005) som även utgör bas i Havs- och vattenmyndighetens (HaV:s) rapport om ekosystemtjänster i svenska hav (Bryhn et al. 2015) och Havs- och vattenmyndighetens rapport om ekosystemtjänster i svenska sjöar och vattendrag (Bergek et al. 2017). Det innebär att en biologisk komponent ska ingå och en indelning i fyra grupper av ekosystemtjänster: stödjande, reglerande, producerande och kulturella tjänster (Figur 1). Många viktiga ekosystemtjänster kommer från sjöar och vattendrag och i dessa ingår bland annat *dricksvatten, vatten för bevattning och industri, reglering av översvämning, reglering av luft- och klimat, samt rekreation.*



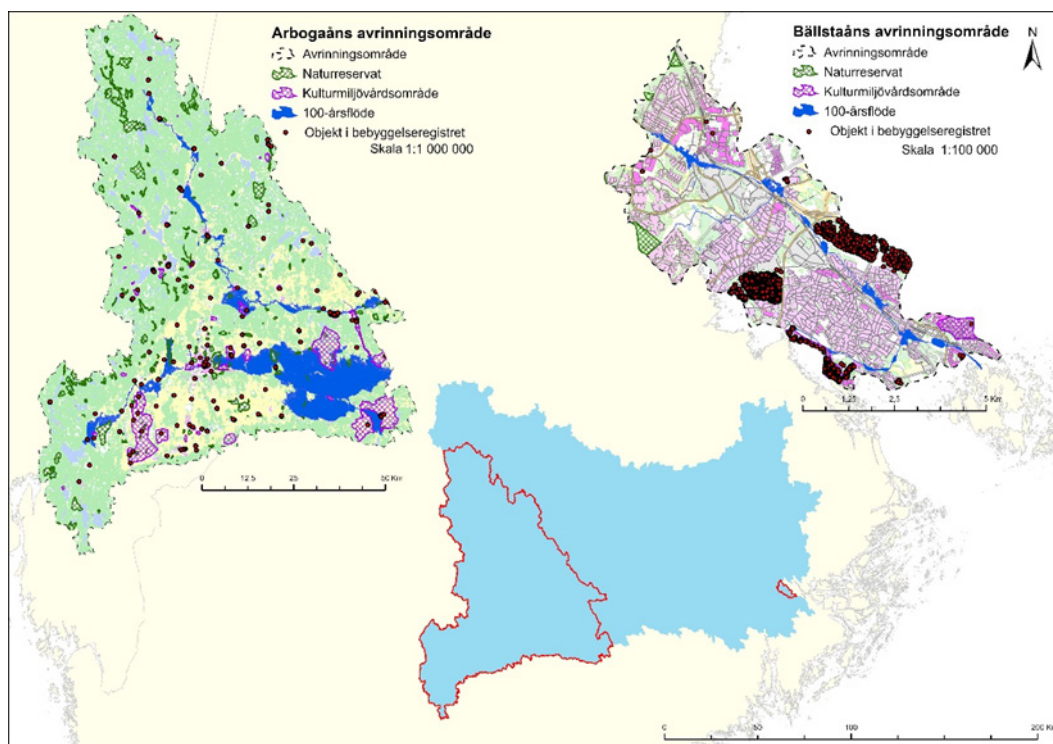
Figur 1. Indelning av vattenburna ekosystemtjänster i grupperna stödjande, reglerande, producerande och kulturella ekosystemtjänster. Figur hämtad från Bergek et al. (2017).

Ekosystemen i sötvatten är bland de mest påverkade på jorden (Dudgeon et al. 2006; Reid et al. 2019) och den biologiska mångfalden minskar (IPBES 2019; Tickner et al. 2020). Dudgeon et al. (2006) konstaterade fem hot mot den biologiska mångfalden; överexploatering, flödesförändring, invasiva arter, degradering av habitat samt föroreningar i vattnet. Reid et al. (2019) poängterade, genom en litteraturstudie, att nya problem tillkommit eller intensifierats sedan Dudgeon et al. (2006), bland annat med förändringar i klimat, sjukdomar, ökad vattenkraft, ökad mängd miljögifter och kombinerade effekter. Det finns många studier som utvärderar effekterna av störningar på ekosystemtjänster, men de flesta av dessa studier fokuserar på ekosystemtjänster på land (Grizzetti et al. 2016). I en kartläggning över ekosystemtjänster i Sveriges sjöar och vattendrag bedömdes majoriteten av ekosystemtjänsterna vara påverkade av mänskliga aktiviteter (Bergek et al. 2017).

Förändrade klimatförutsättningar kommer sannolikt att vara en av de främsta påverkansfaktorerna på biologisk mångfald i framtiden (IPBES 2019) och omfattningen av negativa effekter kan förväntas bli särskilt stora när klimateffekter interagerar med annan påverkan (Brook 2008). Klimatförändringar kan exempelvis interagera med andra hot mot den biologiska mångfalden, som exempelvis förstörelse av livsmiljöer, överexploatering och invasiva arter (Brook et al. 2008). Klimatförändringen förutspås i Sverige leda till bland annat mer intensiva skyfall

och mer frekventa översvämningar (IPCC 2019; SMHI 2020). Vid översvämningar stiger vattnet så mycket så att landområden som normalt är torra ställs under vatten. Till översvämningarnas positiva effekter hör bland annat påfyllnad av grundvatten och förnyelse av våtmarker. Sveriges vattendrag är ofta uträtade och kulverterade och omgivande marker är hårdgjorda. Det medför en snabbare markavrinning vid kraftiga regnväder vilket leder till ökade flöden i vattendragen och stigande vattennivåer i sjöarna jämfört med ett opåverkat tillstånd. Översvämning på jordbruksmark och skogsmark kan leda till läckage av näringsämnen, humusämnen, miljögifter och andra ämnen som är oönskade nedströms. Ökad markavrinning från industri och stadsmiljöer kan leda till ett ökat läckage av näringsämnen (Hubbard et al. 2011) samt avloppsvatten och föroreningar (Euripidou och Murray 2004). Vilken påverkan sådana översvämningar har på ekosystemtjänster beror till stor del på vilken mark som översvämmas, mängden vatten samt hur de reglerande ekosystemtjänsterna fungerar i opåverkat tillstånd. Talbot et al. (2018) konstaterade i en litteraturstudie att flertalet av de undersökta ekosystemtjänsterna i vattnet påverkas övervägande negativt av större översvämningar, som exempelvis reglering av översvämning och dricksvatten, medan mindre översvämningar till och med kan vara övervägande positiva för andra ekosystemtjänster som exempelvis primärproduktionen. En ökad avrinning påverkar dock också den hydrologiska regimen och en förändrad hydrologisk regim med effekter på ekosystemet i form av förändrad artsammansättning har påvisats i både sjöar och vattendrag (Smol et al. 2005; Finn et al. 2010).

För att säkra en hållbar produktion av ekosystemtjänster i framtiden finns det ett behov av att fortsätta utarbeta bedömningar och utveckla av metodik för att övervaka eventuella förändringar av ekosystemtjänsternas tillstånd för att kunna planera för lämpliga åtgärder. Denna studie syftar till att testa metodik för bedömning av tillstånd av vattenrelaterade ekosystemtjänster på lokal geografisk skala i de två avrinningsområdena (se nedan) samt testa metodik för att kunna följa upp och undersöka hur klimatförändringar i form av ökad nederbörd och översvämningar kan komma att påverka ekosystemtjänsters tillstånd i framtiden. Studien är gjord i två fallstudieområden, Bällstaåns- och Arbogaåns avrinningsområden, båda belägna i Norrströms avrinningsområde i Norra Östersjöns vattendistrikt (Figur 2). Bällstaåns avrinningsområde ligger i storstadsmiljö, 75 % av ytan är bebyggd mark (Stråe et al. 2014). Bällstaån är ett av Sveriges mest urbana och påverkade vattendrag (Averhed 2016). Nästan hela sträckningen är rätad och stora delar är kulverterade. Arbogaåns avrinningsområde är istället till stor del inbäddad i skogs- och jordbruksmark, och täcker 78,5 % av totala avrinningsområdet.



Figur 2. Översiktsbild över Arbogaåns- och Bålstaåns avrinningsområden i förhållande till huvudavrinningsområdet Norrström (61) (ljusblå). Öppen mark (vit), rosa och lila (bebyggelse), industriområde (grå), barr- och blandskog (ljusgrön), mörkare grön (lövskog) samt åkermark (gul). Koordinater för utloppspunkt Arbogaån 562081, 6588201(SWREF99), koordinater utloppspunkt för Bålstaån 667870, 6584358(SWREF99). Informationen kommer från Vattenwebb © SMHI; Objekt i bebyggelseregistret och kulturmiljövårdsområde, Riksantikvarieämbetet; 100års- flöden, © MSB; Naturreservatsområden, Naturvårdsverket; Bakgrundskarta GSD-Terrängkartan, vektor, © Lantmäteriet.

Rapporten har producerats inom projektet LIFE IP Rich Waters vilket är ett samarbete mellan olika aktörer inom Norra Östersjöns vattendistrikt med målet att bidra till en förbättrad vattenmiljö. Stöd har beviljats av EU/LIFE och Havs- och vattenmyndigheten (genom anslag 1:11 Åtgärder för havs- och vattenmiljö), med syfte att utveckla metoder för att undersöka hur olika typer av åtgärder i miljön kan minimera negativ påverkan av översvämningar på vattenrelaterade ekosystemtjänster och akvatiska ekosystem.

2. Metod och avgränsningar

2.1. Studieområden

I Norra Östersjöns vattendistrikt har översvämningar skett under 1900-talet (Pettersson et al. 2011). Översvämningarna förekommer längs de låglänta områdena vid vattendrag och sjöar, områden som historiskt ofta har påverkats av översvämningar (Pettersson et al. 2011). En del av översvämningarna förstärks av förändrad markanvändning vilket har lett till snabbare avrinning eller att man medvetet eller omedvetet har skapat hinder/barriärer så att vattnet inte rinner bort (Pettersson et al. 2011).

2.1.1. Arbogaåns avrinningsområde

Arbogaåns avrinningsområde är 3 808 km² stort och sträcker sig över tre län, varav huvuddelen ligger inom Örebro län, i Norra Östersjöns vattendistrikt. Vattensystemet sträcker sig från källområden i södra Dalarna och rinner via bland annat sjöarna Råsvalen och Väringen ut i Mälaren. Området domineras av skogsmark och jordbruksmark (Figur 2). Drygt 50 % av åtgärdsområdena i avrinningsområdet har klassningen (enligt EU:s Ramdirektiv för vatten) måttlig ekologisk status och 26 % har klassningen god ekologisk status (enligt klassning förvaltningscykel 2 (2010-2016)). En stor del av Arbogaåns övre del är påverkad av försurning och kalkas regelbundet. I de nedre delarna som domineras av jordbruksmark tillförs närsalter till vattendraget. Stora delar av området är reglerat med dammar.

2.1.2. Bällstaåns avrinningsområde

Bällstaåns avrinningsområde är ca 39 km² stort, beläget i Norra Östersjöns vattendistrikt. Bällstaån börjar i Jakobsberg i Järfälla kommun väster om Stockholm och rinner sedan genom kommunerna Stockholm, Solna och Sundbyberg (Figur 2). Ån mynnar ut i Bällstaviken, som är en del av Ulvsundasjön som i sin tur är en del av Mälaren. Vattenkvaliteten varierar kraftigt i Bällstaån, bland annat för att avrinningsområdet saknar sjöar och att en stor del av ytan är

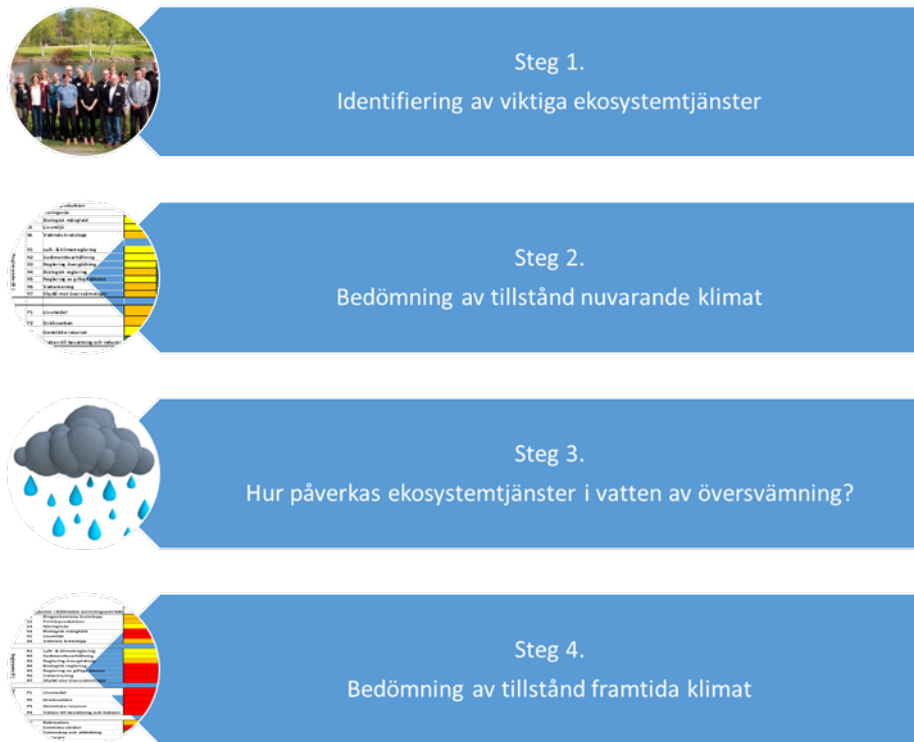
hårdgjord (Pansar och Hagström 2013). Bällstaån har klassningen otillräcklig ekologisk status (enligt Ramdirektivet för vatten, klassning förvaltningscykel 2 (2010-2016)). Halterna av fosfor och kväve är mycket höga och klassningen avseende näringsämnen är dålig (enligt Ramdirektivet för vatten, förvaltningscykel 2).



Arbogaån vid Jädersbruk (tv) och Bällstaån vid Barkarby (th). Foto: Sara Bergek, SLU.

2.2. Metod bedömning av tillstånd i ett framtida klimat

Bedömning av ekosystemtjänsters tillstånd i ett framtida klimat har genomförts med hjälp av ett översvämningsscenario och gjordes i fyra steg (Figur 3). Dessa steg beskrivs i styckena nedan.



Figur 3. Beskrivning över metodik. I steg ett identifierades viktiga ekosystemtjänster. I steg två bedömdes ekosystemtjänsternas tillstånd. I steg tre utarbetades metodik för att bedöma hur ett urval av ekosystemtjänster påverkas av översvämning. I steg fyra kombinerades steg två och steg tre för att bedöma hur tillståndet för ett urval av ekosystemtjänster påverkas av översvämning. Samtliga steg genomfördes för de två olika studieområdena (Arbogaåns- och Bällstaåns avrinningsområde).

2.2.1. Steg 1. Identifiering av viktiga ekosystemtjänster

Studien utgår från identifierade ekosystemtjänster i Sveriges sjöar och vattendrag (Bergek et al. 2017). För att inkludera lokal kunskap, något som IPBES (2019) poängterar vikten av, hölls under 2017 två workshops med intressenter i Arbogaåns- och Bällstaåns avrinningsområde för att identifiera vilka ekosystemtjänster som är viktigast i just dessa två studieområden. På workshopen identifierades även vilka ekosystemtjänster i områdena som är särskilt känsliga för översvämningar. Inbjudan till workshopen skickades till deltagare i Arbogaåns vattenförbund och Bällstaågruppen samt till ett flertal länsstyrelser, kommuner, vattenförbund, vattenvårdsförbund, Naturskyddsföreningar, Hushållnings-sällskapet, Mälarenergi, Stockholm vatten, Lantbrukarnas riksförbund samt Sportfiskarna (se komplett lista på deltagande organisationer i Bilaga 1). Arbogaåns

vattenförbund är en ideell organisation där kommuner, markägare, kraftbolag, industrier och andra intressenter ingår. Bällstaågruppen är ett samarbete mellan kommunerna runt Bällstaån, Länsstyrelsen i Stockholm och andra viktiga aktörer. Gruppens fungerar som en informationslänk mellan ingående parter och samordnar även insatser som syftar till att förbättra Bällstaåns vattenkvalitet.



Bild från workshopen som hölls i Lindesberg 2017.

2.2.2. Steg 2. Bedömning av tillstånd nuvarande klimat

Rapporten utgår ifrån Havs- och vattenmyndighetens rapport över bedömning av ekosystemtjänsternas tillstånd i Sveriges sjöar och vattendrag (Bergek et al. 2017). Metoden för bedömning av ekosystemtjänsternas tillstånd, baseras på data från Ramdirektivet för vatten, miljökvalitetsmålen, Art- och habitatdirektivet samt från Badvattendirektivet. Underlagen återspeglar de data inom direktiven som bedöms kunna kopplas ihop med och återspegla ekosystemtjänsternas tillstånd (se Bergek et al. 2017 samt bilaga 2 och 3). Sammantaget benämns dessa data i den resterande delen av rapporten för ”indikatorer”. Data kommer från klassningar/bedömningar och de data som har använts är; (i) kvalitetsfaktorer, kemisk status och påverkansanalyser från vattenförvaltningen, (ii) bedömningar för de svenska miljökvalitetsmålen, (iii) bedömningar från Art- och habitatdirektivet samt (iv) bedömningar inom Badvattendirektivet (Bilaga 2 och 3). För de utvalda biologiska, fysikalisk- kemiska och hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna, har ekosystemtjänstens tillstånd beräknats enligt en femgradig skala för varje kvalitetsfaktor där respektive statusklassning i Vattendirektivets bedömning getts

en siffra från 1-4, och därefter har ett aritmetiskt medelvärde räknats ut. Där fler kvalitetsfaktorer är utvalda för respektive ekosystemtjänst har ett medelvärde av medelvärden beräknats. Medelvärde på 1= dålig (röd), 2 = otillräcklig (orange), 3 = måttlig (gul) samt 4 = god (grön). För kemisk status ges endast bedömningen U (underkänd; röd) eller G (god; grön) och vi har således gett ekosystemtjänsten den bedömning som Ramdirektivet för vatten har medgett. För Länsstyrelsernas påverkansanalyser av de ytvattenrelaterade miljöproblemen (övergödning, miljögifter, per- och polyfluorerade alkylsubstanser (PFAS)) ges bedömningen N (nej; grön) då inget miljöproblem bedöms föreligga, medan J (ja; röd) ges då det anses finnas något miljöproblem. Se Bergek et al. (2017) för utförlig information hur bedömningen av tillstånd har gjorts samt klassindelningar.

Enligt Bergek et al. (2017) beskriver inte befintliga direktiv tillståndet på ett fullgott sätt för ekosystemtjänsten *vatten till bevattning och industri*. I denna rapport används därför en ny föreslagen variabel, medelvattenföring, för bedömning av tillstånd, med klassningen dålig eller god. Även för ekosystemtjänsterna *kulturarv* och *naturarv* drog Bergek et al. (2017) slutsatsen att befintliga direktiv inte kunde beskriva tillståndet på ett fullgott sätt. I denna rapport har därför nya variabler för bedömning av dessa ekosystemtjänster testats. Dessa variabler är för *naturarv* antal limniska reservat (Havs- och vattenmyndigheten 2016), antal Natura 2000-områden, antalet nationalparker, antal naturreservat samt om områdena ligger inom något av världsarven på Unescos världsarvslista. För *kulturarv* har antal riksintressen samt om områdena ligger inom något av världsarven på Unescos världsarvslista används som en indikator. Antal objekt på Unescos världsarvslista är relativt få, då endast 15 objekt finns klassade i Sverige. Därför har frånvaro av objekt i avrinningsområdet inte getts klassningen dålig utan istället getts klassningen otillräcklig alternativt god om objekt finns. Klassningen för antal limniska naturreservat går från god om naturreservat finns till dålig om inga naturreservat finns. Likaså gäller klassningen för antalet Natura 2000- områden, antal nationalparker samt antal riksintressen. Metoden i Bergek et al. (2017) är utarbetad för ytvatten (sjöar och vattendrag) men utvalda bedömningsgrunder för grundvatten inkluderas för bedömning av *dricksvatten* där bedömningsgrunden för halten PFAS, även kallat högfluorerade ämnen från påverkansanalyser inom Ramdirektivet för vatten, har tagits med i bedömningen. *Dricksvatten* är en viktig ekosystemtjänst som till stor del även påverkas av grundvattenstatusen, varför den är svår att bedöma endast utifrån grunder för ytvatten enligt Ramdirektivet för vatten.

Data för bedömning enligt vattenförvaltningsförordningen kommer från samtliga övervakade vattenförekomster (yt- och grundvatten) inom Arbogaåns och Bällstaåns avrinningsområde. Enligt Ramdirektivet för vatten indelas Sverige förvaltningsmässigt i så kallade vattenförekomster. I Arbogaåns avrinningsområde

ingår 135 vattenförekomster och i Bällstaåns avrinningsområde en. Data är från bedömningen i förvaltningscykel 2 (2010-2016) för de utvalda biologiska, fysikalisk-kemiska, hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna (se Tabell 1) samt för den kemiska statusen och är hämtad från Vattenmyndigheternas och länsstyrelsernas websystem Vatteninformationssystem Sverige (VISS 2017). För miljö kvalitetsmålen har data från miljömålsportalen använts (Sveriges miljömål 2017). För Art- och habitatdirektivet har bevarandestatus för ett antal naturtyper och arter sammanfattats (Eide 2014), vilka ligger till grund för bedömningen av tillstånd av ekosystemtjänsterna i denna rapport. De svenska miljö kvalitetsmålen utvärderas länsvis. Den länsvisa bedömningen i de län som berörs (Stockholms län för Bällstaån och majoriteten av Arbogaåns avrinningsområdet beläget i Örebro län och Västmanlands) har använts (Miljömålen 2017). Beroende på den länsvisa bedömningen över hur miljömålets status kan antas påverka ekosystemtjänsternas tillstånd har negativ, neutral eller positiv bedömning av miljömålen angivits med respektive färgkod; röd, gul eller grön. För statusklassning enligt Badvattendirektivet har bedömningar hämtats från HaV:s statistik över badvattenkvalitet på badplatser i Sverige (Havs- och vattenmyndigheten 2017).

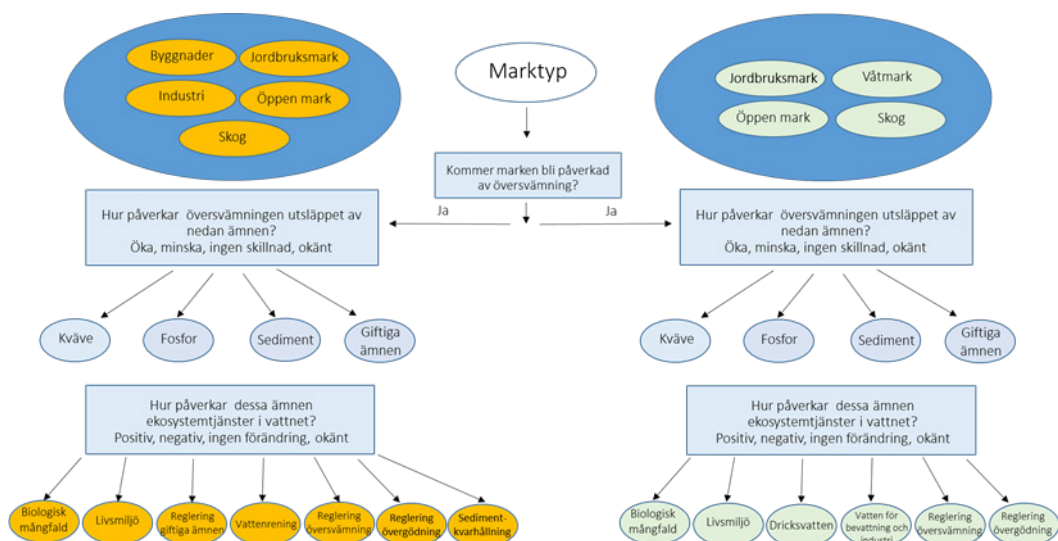
Sammanvägd bedömning per ekosystemtjänst är gjord som en expertbedömning av deltagare i projektet. Därefter gjordes en validerad expertbedömning under workshops med Bällstaågruppen och med Arbogaåns vattenförbund 2020.

2.2.3. Steg 3. Hur påverkas ekosystemtjänster av översvämning?

I denna studie fokuserar vi på klimatförändringar i form av ökad risk för översvämning. För att ge en översiktlig bild av den framtida översvämningsrisken används i denna studie 100-årsflödenas förändring i framtida klimat. Med ett 100-årsflöde menas att händelsen i genomsnitt inträffar eller överträffas en gång under en 100-årsperiod. Beräkningarna för areal som påverkas av 100-årsflödet är gjorda på information i GIS-skikt från Översvämningsportalen, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) (2019) samt vektorkarta GSD-Terrängkartan (Lantmäteriet 2019) och den svenska Våtmarksinventeringen (VMI) (Naturvårdsverket 2019a). För kartanalyserna och kartproduktion har programvarorna ArcGIS Desktop 10.8 samt ArcGIS Pro 2.5.1 (Environmental Systems Research Institute) använts. GIS-skiktet för 100-årsflödet är det område som enligt MSB bedöms att statistiskt sett översvämmas en gång på 100 år. Karteringarna med klimatanpassat 100-årsflöde visar flödesdata från dagens klimat som har anpassats utifrån klimatscenarier till att avse klimatet kring slutet av seklet (MSB). GIS-skiktet för 100-årsflöde från Översvämningsportalen (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019), GIS-skiktet för VMI från Naturvårdsverket (2019a) samt GSD-Terrängkartan från Lantmäteriet (2019) har använts för att

beräkna arealen samt fördelningen mellan de olika marktyperna som påverkas av ett 100-årsflöde.

Möllersten (2018) arbetade, tillsammans med författarna av denna rapport, fram ett konceptuellt flödesschema som baserar sig på litteraturstudier, för att kunna projicera hur ekosystemtjänster i vattnet vid Arbogaån påverkas av översvämningar. Flödesschemat beskriver översiktligt hur olika ämnen/material riskerar att spridas vid översvämning (100-årsflöde), beroende på vilken marktyp som översvämmas. Därefter har effekten av dessa ämnen/material på ekosystemtjänster i vatten bedömts baserad på vetenskaplig litteratur samt expertbedömning. Flödesschemat utgår från de ekosystemtjänster i de två studieområdena som bedömdes som viktiga under de workshops som hölls inom projektet år 2017 och väsentligt kunna påverkas av översvämningar. Flödesschemat har omarbetats i denna rapport för att inkludera Bällstaåns avrinningsområde med andra ekosystemtjänster och marktyper (Figur 4).



Figur 4. Bild över det konceptuella flödesschemat som ligger till grund för bedömningen hur ekosystemtjänster påverkas av översvämning av olika marktyper. Till vänster, orangefärgade marktyper och ekosystemtjänster tillhörande Bällstaåns avrinningsområde, till höger grönfärgade ovaler tillhörande Arbogaåns avrinningsområde. Omarbetad från Möllersten (2018).

2.2.4. Steg 4. Bedömning av tillstånd framtida klimat

I det sista steget bedömdes tillståndet på ekosystemtjänsterna i ett framtida klimat baserat på ekosystemtjänsternas tillstånd idag (steg två) och hur översvämning på olika marktyper påverkar tillståndet (steg tre).

2.3. Avgränsningar

Denna rapport avser att testa metodik för att kunna projicera kommande klimatförändringar, i form av översvämningar och hur de påverkar ett urval ekosystemtjänster i sötvatten. Andra abiotiska och biotiska faktorer och kombinerade effekter kan ge ytterligare belastning på ekosystemet och ekosystemtjänsterna. Metodiken kan användas på liknande sätt även för att undersöka effekterna av andra mänskliga och miljömässiga förändringar, enskilt samt kombinerade. Vi har i denna rapport valt ett 100-årsflöde som en prognos för översvämningsrisker men det är viktigt att observera att flöden som inte är lika extrema kan påverka ekosystemtjänsterna till en annan grad. Vi har inte gjort någon bedömning av hur stora eventuella negativa effekter är, eller om de är kortvariga eller långvariga.

3. Resultat och diskussion

3.1. Identifiering av viktiga ekosystemtjänster i studieområdena

Under 2017 hölls två workshops med intressenter i Lindesberg i Arboga kommun (21 deltagare) och Hässelby i Stockholms kommun (14 deltagare). Deltagarna representerade bland annat universitet, länsstyrelser, kommuner, företag, naturskyddsföreningar, sportfiskare, vattenförbund, lantbrukare och samorganisationer (se Bilaga 1). Under workshopen diskuterades vilka ekosystemtjänster som är viktiga och har stor efterfrågan i respektive avrinningsområde samt hur känsliga dessa är för översvämningar. I Arbogaåns avrinningsområde bedömdes ekosystemtjänsterna *biologisk mångfald*, *livsmiljö*, *reglering övergödning*, *skydd mot översvämning*, *dricksvatten* samt *vatten till bevattning och industri* vara viktiga och känsliga för översvämning av deltagarna vid workshopen. I Bällstaåns avrinningsområde bedömdes ekosystemtjänsterna *biologisk mångfald*, *livsmiljö*, *reglering av giftiga ämnen*, *vattenrening* och *skydd mot översvämningar* vara viktiga och känsliga för översvämning av deltagarna vid workshopen. Resterande delar av rapporten redovisar endast bedömning av tillstånd i framtiden givet ett översvämningsscenario för dessa utpekade viktiga och översvämningssensibla ekosystemtjänster.

3.2. Bedömning av tillstånd i nuvarande klimat

Bedömning av tillstånd per indikator och ekosystemtjänst presenteras nedan för de två avrinningsområdena (Figur 5 och 6). Se Bilaga 2 och 3 för indikatorer och bedömningsgrunder som använts, samt Bergek et al. (2017) för utförlig beskrivning över hur tillstånd och klassning gjorts. Resultaten skall inte tolkas som definitiva utan speglar endast resultat på lokal nivå i befintliga direktiv utifrån föreslagna metodik beskriven i Bergek et al. (2017) samt nya kompletterande föreslagna indikatorer i denna rapport.

ekologisk status biologi är bedömningen god till måttlig. För *ekologisk fysikalisk-kemisk status* är bedömningen god för samtliga stödjande ekosystemtjänster, men god till måttlig för övriga ekosystemtjänsttyper. För *ekologisk status hydromorfologi* är majoriteten av grunderna för bedömning måttlig. Den sammanvägda expertbedömningen för Arbogaåns avrinningsområde, som till stor del baseras på respektive indikator, att ekosystemtjänsterna *vatten till bevattning och industri, rekreation* samt *vetenskap och utbildning* har god status. För *vetenskap och utbildning* görs bedömningen att vattnet, oavsett om indikatorerna klassats som dålig eller god, alltid potentiellt kan nyttjas ur ett forsknings- eller utbildningsperspektiv och därmed alltid får god status. Resterande ekosystemtjänster gavs bedömningen av tillståndet som måttlig eller otillräcklig (Figur 5). I Arbogaåns avrinningsområde ingår ett antal olika sjöar och vattendrag och metoden att bedöma tillståndet på ekosystemtjänsterna liknar på så sätt de regionala bedömningarna som gjordes i Havs- och vattenmyndighetens rapport 2017:7. Ett förhållandevis stort dataunderlag för vattenförekomsterna finns i VISS, både för ytvatten (sjöar och vattendrag) samt för grundvatten, och medelvärden på respektive indikator kan beräknas. Data antas relativt väl kunna representera tillståndet, främst för de stödjande ekosystemtjänsterna. Däremot finns mycket få data tillgängliga för bedömning av kemisk status och påverkansanalys för övergödning i Arbogaåns avrinningsområde.

		Vattendirektivet					Indikatorer för miljö kvalitets- målen	Indikatorer från andra direktiv	Indikatorer från andra direktiv												
		Kvalitets- faktorer		Påverkans- analyser					Levande sjöar och vattendrag samt Ett rikt växt- och djurliv	Bara naturlig försurning	Giftfri miljö	Ingen övergödning	Art & habitatdirektivet	Badvattendirektivet	Medelvattenföring (m3/s)	Antal världsarv listade i Unescos världsarvslista		Antal limniska reservat	Antalet nationalparker	Antalet naturreservat	Antal riksintressen
Stödande	Biogeokemiska kretslopp																				
	Primärproduktion	n/a									n/a										
	Näringsväv	n/a									n/a										
	Biologisk mångfald										n/a										
	Livsmiljö	n/a									n/a										
	Vattnets kretslopp																				
Reglerande	Luft- & klimatreglering																				
	Sedimentkvarhållning																				
	Reglering övergödning																				
	Biologisk reglering										n/a										
	Reglering av giftiga ämnen		n/a																		
	Vattenrening																				
Producerande	Skydd mot översvämningar	n/a																			
	Livsmedel	n/a	n/a								n/a										
	Dricksvatten	n/a	n/a				n/a														
	Genetiska resurser										n/a										
Kulturella	Vatten till bevattning och industri											0,3									
	Rekreation	n/a	n/a								n/a	n/a									
	Estetiska värden	n/a	n/a								n/a										
	Vetenskap och utbildning	n/a	n/a				n/a				n/a	n/a	0,3	0	0	0	1	1	2		
	Kulturarv													0						2	
	Naturarv													0	0	0	1	1			

Figur 6. Figuren visar bedömning av tillstånd för Bällstaåns avrinningsområde per indikator (kvalitetsfaktorer, kemisk status och Länsstyrelsernas påverkansanalyser från Ramdirektivet för vatten, bedömningar inom miljö kvalitetsmålen, bedömningar från Art- och habitatdirektivet och bedömningar från Badvattendirektivet, medelvattenföring (m³/s), Unescos världsarvslista, antal limniska reservat, antal naturreservat samt antal riksintressen. Samlad bedömning av tillstånd baseras på resultaten per indikator samt en kompletterande expertbedömning. Grön = god, gul = måttlig, orange = otillräcklig, röd = dålig. De fall där vi har föreslagit en koppling mellan en indikator och tillstånd för en ekosystemtjänst, men där dataunderlag/bedömningar saknas i föreslagna indikatorer, representeras med n/a i tabellen.

Resultaten från tillståndsbedömningen för respektive ekosystemtjänst och de olika indikatorerna grunderna för bedömning (kvalitetsfaktorer och påverkansanalyser enligt Ramdirektivet för vatten, Art och habitatdirektivet m. fl.) visar övergripande att underlag/bedömningar saknas i stor utsträckning i Bällstaåns avrinningsområde. *Ekologisk status* är för Bällstaåns avrinningsområde bedömd till otillfredsställande. Det finns inte heller statusbedömningar för PFAS i VISS i grundvattnet i Bällstaåns

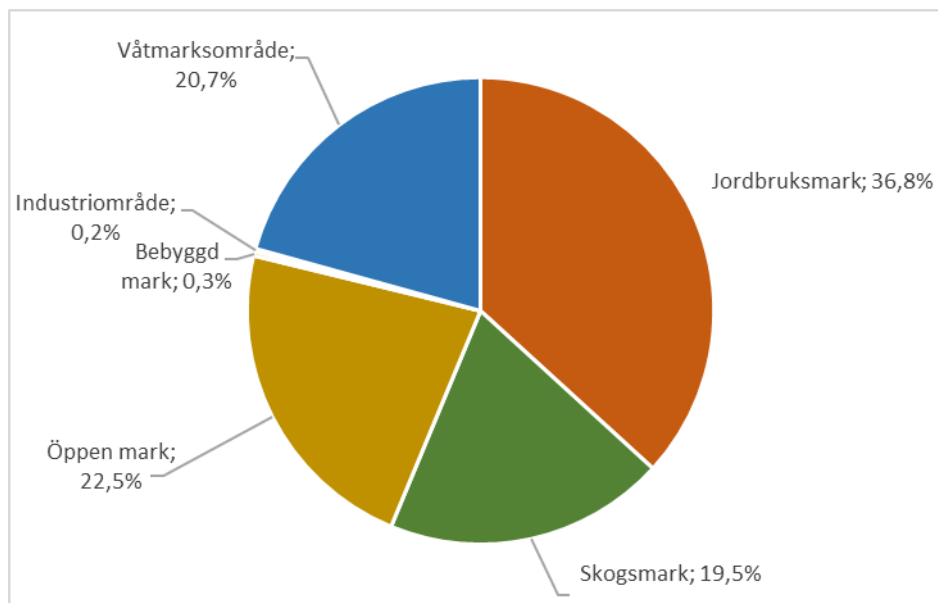
avrinningsområde (gäller ekosystemtjänsten dricksvatten). Däremot finns mätningar som visar att PFAS förekommer i Bällstaåns grundvatten (Tyréns 2016). Utvalda indikatorer där det finns data har majoriteten otillräcklig eller dålig status. Statusen är genomgående dålig gällande grunderna för bedömning; Kemisk status, Övergödning, Miljögifter, Miljökvalitetsmålen Giftfri miljö och Ingen övergödning, medelvattenföring, Unescos världsarvslista, antal limniska reservat, antal Natura 2000- områden, antalet nationalparker, riksintressen kulturmiljö. Ingen ekosystemtjänst har genomgående god klassning per indikatornivå och majoriteten av ekosystemtjänsternas tillstånd bedöms som dålig. Endast *vetenskap och utbildning* bedömdes som god (Figur 6) då vattnet alltid kan nyttjas ur ett forsknings- eller utbildningsperspektiv (Bryhn et al. 2015). Bällstaåns avrinningsområde består av ett kort vattendrag och när flertalet data saknas, blir inte resultatet representativt på lokal skala.

Tillståndet för ekosystemtjänsterna bedöms på avrinningsområdesnivå när den utgörs av ett medelvärde från samtliga vattenförekomster inom respektive distrikt. Om det är stora skillnader i statusbedömning för de olika vattenförekomsterna inom avrinningsområdet i analysen så kan statusen ”måttlig” i praktiken betyda att 50 procent av ekosystemtjänsterna som avrinningsområdet tillhandahåller har dålig status och 50 procent av ekosystemtjänsterna som avrinningsområdet tillhandahåller har god status. Samma problematik kvarstår då den geografiska skalan minskas. För Bällstaåns avrinningsområde, där mycket data saknas, ska föreslagen metodik användas med stor försiktighet. Komplettering i form av expertbedömningar kan antas bli ännu viktigare för att kunna ge en samlad bedömning av ekosystemtjänsternas tillstånd.

3.3. Hur påverkas ekosystemtjänsterna av översvämning?

3.3.1. Arbogaåns avrinningsområde

Totalt skulle en yta om 619 km² (8,5 %) påverkas av ett 100- års flöde i Arbogaåns avrinningsområde. Av denna yta hamnar 133 km² på mark, resterande på redan existerande vattenyta. Marktyperna som skulle översvämmas är jordbruksmark (36,8 %), skogsmark (19,5 %), öppen mark (22,5 %), våtmark (20,7 %), industriområde (0,2 %) och bebyggd mark (inkluderar fritidsbebyggelser, låg och hög bebyggelse samt sluten bebyggelse) (0,3 %) (Figur 7). Flödesschemat (Figur 4) för att undersöka effekterna av översvämning runt Arbogaåns avrinningsområde utgick från alla de marktyper som översvämmas vid ett 100-årsflöde.



Figur 7. Marktyp som översvämmas vid ett 100-årsflöde vid Arbogaåns avrinningsområde.

Då en stor del av översvämningarna skulle hamna på jordbruks- och skogsmark (samtantaget 56,3 % av översvämningsytan, motsvarande en yta av 74,9 km²) (Figur 7) förväntas en väsentlig mängd näringsämnen kunna läcka ut i avrinningsområdet vid översvämningsperioder. En viss mängd näringsämnen är nödvändig för ekosystem men övergödning kan leda till en förändring eller minskning av den *biologiska mångfalden* (Vitousek et al. 1997; Dudgeon et al. 2006; Schindler et al. 2006; Cook et al. 2018; Dubey och Dutta 2020)) och även leda till en försämrad *livsmiljö* (Smith m. fl. 1999). Även giftiga algbloomingar kan uppstå och ha stor negativ effekt på ekosystemet (Paerl et al. 2016; Li et al. 2018; Reid et al. 2019). Ökad tillförsel av näringsämnen under översvämningen bedöms därför påverka ekosystemtjänsterna *biologisk mångfald och livsmiljö* i Arbogaåns avrinningsområde negativt (Tabell 1). Även *dricksvatten* förväntas påverkas negativt av kväve och fosfor (Schröder et al. 2004). Det kan dock vara positivt med översvämning för dricksvattnet då det leder till en påfyllnad av grundvatten (se review i Talbot et al. 2018). Övergödning i vattnet sätter ett tryck på naturens förmåga att reglera näringsämnen. Ekosystemtjänsten *reglering övergödning* förväntas utsättas för hårdare belastning så att den blir negativt påverkad (Tabell 1). Effekterna av översvämning på skogsmark beror på vilken skog det är och vilken skogsskötsel som har använts. Naturskogsartade förhållanden kan hantera översvämningen bättre än den brukade skogen. En ökad mängd näringsämnen i avrinningsområdet förväntas ha en försumbar effekt på ekosystemtjänsterna *skydd mot översvämning och vatten till bevattning och industri* (Tabell 1).



En lantbrukare harvar sin åker. Foto: Jenny Svénnås-Gillner, SLU

Andelen öppen mark som skulle hamna under vatten vid översvämningar är 22,5 % (30 km²) (Figur 7). I öppen mark ingår ytor med mindre andel vegetation. En ökad markavrinning kan därmed kunna leda till ett ökat läckage av näringsämnen och påverka den *biologiska mångfalden* negativt (Vitousek et al. 1997; Dudgeon et al. 2006; Schindler et al. 2006; Cook et al. 2018; Dubey och Dutta 2020). Väg- och trafikrelaterade föroreningar kan också minska den *biologiska mångfalden* i vattnet och förändra samhällssammansättningen (Carew et al. 2007). Även *livsmiljön* kan påverkas negativt av övergödning (Smith et al. 1999) (Tabell 1). Med tanke på den ökade näringstillförseln från skogs- och jordbruksmark antas översvämning på öppen mark belasta ekosystemtjänsten *reglering övergödning* ytterligare (Tabell 1). Ytterligare mängd näringsämnen och potentiellt giftiga ämnen förväntas också påverka ekosystemtjänsten *dricksvatten* negativt (Tabell 1). En ökad avrinning från öppen mark bedöms ha en försumbar effekt på ekosystemtjänsterna *skydd mot översvämning* och *vatten till bevattning och industri* (Tabell 1).

Andel våtmark som skulle kunna översvämmas är 20,7 % (27,6 km²) (Figur 7). Våtmarker ger många viktiga ekosystemfunktioner. Näringsämnen fångas upp från avrinningsvatten innan det når åar och sjöar (Dørge 1994) och ger en naturlig reglering av översvämning (t. ex. Bucker et al. 1993). Översvämning kan påverka växtligheten i våtmarker (Garssen et al. 2015; Greet et al. 2011) och de positiva effekterna av översvämningar på våtmarker beror på översvämningens varaktighet, marktyp och säsong (Zhichun et al. 2020). Då vi inte studerat dessa delar görs ingen bedömning över hur mycket näringsämnen som läcker ut och den negativ effekten

är för ekosystemtjänsterna *biologisk mångfald*, *livsmiljö*, *reglering övergödning* och *dricksvatten*.

Andel bebyggd mark och industrier utgör tillsammans 0,5 % (0,7 km²) av den översvämmade ytan. Även om denna yta inte är så stor skulle effekterna på ekosystemen i vattnet kunna påverkas mycket lokalt då ökad markavrinning från industri och stadsmiljöer kan leda till ett ökat läckage av avloppsvatten och föroreningar (Euripidou och Murray 2004). Marktyperna består främst av hårdbelagda ytor och översvämning på dessa områden förväntas ha en negativ påverkan på vattenkvaliteten på grund av avsaknad av växtlighet och brist på naturlig bakterieflora som kan rena vattnet på miljögifter som kan finnas i dessa miljöer. Därför föreslås översvämning på dessa områden kunna påverka ekosystemtjänsterna *biologisk mångfald* och *livsmiljö* negativt (Tabell 1). Ökad mängd vatten, näringsämnen, giftiga ämnen och sediment på industrimark och bebyggd mark förväntas sätta ett stort tryck på de reglerande tjänsterna *reglering av övergödning* och *skydd mot översvämning* (Tabell 2). Även *dricksvatten* förväntas påverkas negativt av en ökad mängd gifter. Påverkan bedömdes vara försumbar för *vatten till bevattning och industri*.

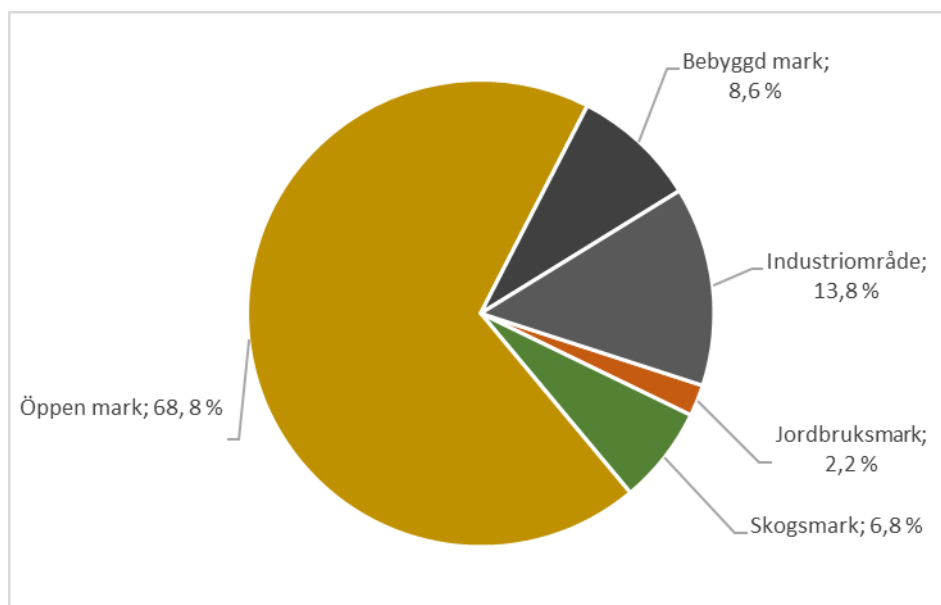
Sammantaget görs bedömningen att översvämningsrisken kan påverka tillståndet för ekosystemtjänsterna *biologisk mångfald*, *livsmiljö*, *reglering övergödning* och *dricksvatten* i Arbogaåns avrinningsområde negativt. Även om det finns positiva effekter av översvämning på *dricksvatten* med påfyllnad av grundvatten (Talbot et al. 2018) görs den samlade bedömningen att påverkan är negativ. Påverkan bedömdes vara försumbar för *vatten till bevattning och industri* och oklar effekt på *skydd mot översvämning* (Tabell 1).

Tabell 1. Marktyp som hamnar under vatten givet ett översvämningsscenario med ett 100-årsflöde i Arbogaåns avrinningsområde och påverkan på olika ekosystemtjänster. N= Negativ, F= Försumbar, N-F= Negativ till försumbar, O= oklar effekt. Samlad bedömning är gjord som en expertbedömning.

	Jordbruksmark (36,8 %)	Skogsmark (19,5 %)	Öppen mark (22,5 %)	Våtmark (20,7 %)	Bebyggd mark (0,3 %)	Industrimark (0,2 %)	Samlad bedömning
Biologisk mångfald	N	N	N	O	N	N	N
Livsmiljö	N	N	N	O-F	N	N	N
Reglering övergödning	N	N	N-F	O-F	N	N	N
Skydd mot översvämning	F	F	F	F	N	N	F
Dricksvatten	N	N	N	O	N	N	N
Vatten till bevattning och industri	F	F	F	F	F	F	F

3.3.2. Bällstaåns avrinningsområde

Totalt skulle en yta om 0,94 km² påverkas av ett 100- års flöde i Bällstaåns avrinningsområde. Av denna yta hamnar 0,92 km² på mark, resterande på redan existerande vattenyta. Den marktyp som kommer att bli översvämmad vid ett 100-årsflöde är öppen mark (68,8 %), bebyggd mark (inkluderar fritidsbebyggelser, låg och hög bebyggelse samt slutna bebyggelse) (8,6 %), industriområde (13,8 %), jordbruksmark (2,2 %) och skogsmark (6,8 %) (Figur 8). Samtliga dessa marktyper ingick i flödesschemat (Figur 2) för Bällstaåns avrinningsområde.



Figur 8. Marktyp som översvämmas vid ett 100-årsflöde vid Bällstaåns avrinningsområde.

Den marktyp som främst kommer att bli översvämmad i Bällstaåns avrinningsområde vid ett 100- årsflöde är öppen mark 0,63 km² (68,8 %) (Figur 8). En ökad markavrinning kan därmed leda till ett ökat läckage av näringsämnen och påverka den *biologiska mångfalden* negativt (Vitousek et al. 1997; Dudgeon et al. 2006; Schindler et al. 2006; Cook et al. 2018; Dubey och Dutta 2020). Väg- och trafikrelaterade föroreningar kan också minska den biologiska mångfalden i vattnet och förändra samhällssammansättningen (Carew et al. 2007). Även *livsmiljön* kan påverkas negativt av övergödning (Smith et al. 1999) (Tabell 2). En ökad mängd näringsämnen, giftiga ämnen och sediment förväntas sätta ett stort tryck även på de reglerande tjänsterna *sedimentkvarhållning*, *reglering av övergödning*, *regering av giftiga ämnen* och *vattenrening* (Tabell 2). Ämnena i sig påverkar dock inte de reglerande ekosystemtjänsternas förmåga men då stor andel öppen mark översvämmas antas belastningen bli för stor för ekosystemtjänsterna att hantera och därmed bli negativt påverkade. Ökad mängd näringsämnen, sediment och giftiga ämnen förväntas inte påverka tillståndet för ekosystemtjänsten *skydd mot översvämning* (Tabell 2).

Marktyperna bebyggd mark och industriområde, som tillsammans utgör 0,21 km² (22,4 %) av den översvämmade ytan, består främst av hårdbelagda ytor. Översvämning på dessa områden förväntas ett ökat läckage av avloppsvatten och föroreningar (Euripidou och Murray 2004). På grund av avsaknad av växtlighet och brist på naturlig bakterieflora som kan rena vattnet på miljögifter som kan finnas i dessa miljöer förväntas översvämningen ha en negativ påverkan på vattenkvaliteten. Därför föreslås översvämning på dessa områden kunna påverka ekosystemtjänsterna *biologisk mångfald* och *livsmiljö* negativt (Tabell 2). Översvämning kan sätta ett hårt tryck på ekosystemtjänsten *sedimentkvarhållning*

och ändra tillstånd från måttlig till otillräcklig - dålig (Tabell 2). Ökad mängd vatten, näringsämnen, giftiga ämnen och sediment på industrimark och byggnadsmark förväntas sätta ett stort tryck på de reglerande tjänsterna *reglering av övergödning, reglering av giftiga ämnen och vattenrening* och det redan dåliga tillståndet kan förvärras (Tabell 2).

Jordbruksmark och skogsmark som tillsammans utgör 0,08 km² (9 %) av översvämningssytan förväntas bidra med ytterligare näringsämnen till Bällstaåns avrinningsområde och därmed också kunna ytterligare påverka *biologiska mångfalden* och *livsmiljön* negativt (Vitousek et al. 1997; Dudgeon et al. 2006; Schindler et al. 2006; Cook et al. 2018; Dubey och Dutta 2020) (Tabell 2). Då denna yta är relativt liten vid Bällstaån klassades påverkan som försumbar till negativ. *Reglering övergödning* och *skydd mot översvämning* kommer att bli utsatt för ett ytterligare hårt tryck med mer utspolning av sediment och näringsämnen och stora mängder vatten i Bällstaåns avrinningsområde så att de förväntas bli negativt påverkade av översvämningar (Tabell 2). Översvämning på jordbruksmark och skogsmark kan sätta ett högre tryck på *reglering av giftiga ämnen*, då pesticider och metaller kan spridas, men eftersom denna marktyp endast täcker 8,9 % av översvämningssytan ges klassningen försumbar till negativ effekt (Tabell 2). *Vattenrening* förväntas redan vara dålig i Bällstaåns avrinningsområde och ytterligare mängd näringsämnen att hantera förväntas leda till en negativ effekt på ekosystemtjänsten (Tabell 2).

Sammantaget görs bedömningen att översvämningssrisken påverkar tillståndet för samtliga ekosystemtjänster negativt (Tabell 2).

Tabell 2. Marktyp som hamnar under vatten givet ett översvämningsscenario med ett 100-årsflöde i Bällstaåns avrinningsområde och påverkan på olika ekosystemtjänster. N= Negativ, F= Försumbar, N-F= Negativ till försumbar. Samlad bedömning är gjord som en expertbedömning.

	Öppen mark (68,8 %)	Bebyggd mark (8,6 %)	Industriområde (13,8 %)	Jordbruksmark (2,2 %)	Skogsmark (6,8 %)	Samlad bedömning
Biologisk mångfald	N	N	N	F	F	N
Livsmiljö	N	N	N	F	F	N
Sedimentkvarhållning	N	N	N	F	N-F	N
Reglering övergödning	N	N	N	N	N	N
Reglering av giftiga ämnen	N	N	N	F	N-F	N
Vattenrening	N	N	N	N	N	N
Skydd mot översvämning	F	N	N	N	N	N

3.4. Bedömning av tillstånd i framtida klimat

Resultatet av den samlade bedömningen för översvämningarnas påverkan på ekosystemtjänster i Arbogaåns avrinningsområde (Tabell 1) kombinerades med bedömningen av tillstånd i nuvarande klimat (Figur 5). Ingen bedömning över hur stor negativ effekt översvämningarna kan ha gjordes. Ekosystemtjänsterna *biologisk mångfald*, *livsmiljö* och *dricksvatten* förväntas ändra tillstånd från måttlig till otillräcklig/dålig i ett framtida klimat med översvämningar. Minskad biologisk mångfald, förändrad näringsväv och en negativ påverkan på habitatet är några av de ekologiska responserna som påträffats i akvatiska miljöer efter översvämningar enligt en översiktsartikel av Poff och Zimmerman (2010). Eftersom de stödjande ekosystemtjänsterna är grunden för flertalet andra ekosystemtjänster kan en negativ effekt på några av dessa indirekt ses som en negativ påverkan på andra ekosystemtjänster. Ekosystemtjänsterna som ska reglera miljöförändringar, så som *reglering övergödning* och *skydd mot översvämning* kommer att bli utsatt för ett hårt tryck med mer inflöde av sediment och näringsämnen och stora mängder vatten i Arbogaåns avrinningsområde så att de förväntas blir negativt påverkade (Figur 9). Tillståndet för ekosystemtjänsten *vatten till bevattning och industri* förväntas vara

oförändrat alternativt till och med positivt då en ökad mängd vatten kommer finnas tillgänglig i systemet.

Ekosystemtjänster i Arbogaåns avrinningsområde		Samlad bedömning nuvarande klimat	Effekter på ekosystemtjänsternas tillstånd vid översvämningar	Expertbedömning av tillstånd framtida klimat
Stödjande	Biologisk mångfald		Negativ	
	Livsmiljö		Negativ	
Reglerande	Reglering övergödning		Negativ	
	Skydd mot översvämningar		Försumbar	
Producerande	Dricksvatten		Negativ	
	Vatten till bevattning och industri		Försumbar	

Figur 9. Expertbedömning av tillstånd i framtida klimat i Arbogaåns avrinningsområde. Se metodbeskrivningar av bedömningar av tillstånd i nuvarande klimat i Bergek et al. (2017) samt bedömning av tillstånd i framtida klimat i Möllersten (2018). Försumbar effekt=samma färg, negativ effekt= bedömning av tillstånd i nuvarande klimat sänktes.

På samma sätt som för Arbogaåns avrinningsområde kombinerades bedömningen av tillstånd idag (Figur 6) med bedömningen över översvämningarnas påverkan på ekosystemtjänster i Bällstaåns avrinningsområde (Tabell 2). Ingen bedömning över hur stor negativ effekt översvämningarna kan ha gjordes. Ekosystemtjänsterna *sedimentkvarhållning* och *reglering övergödning* förväntas ändra status från måttlig till otillräcklig/dålig i ett ändrat framtida klimat (Figur 10). Övriga ekosystemtjänster har dålig status redan nu och tillståndet förväntas bli ytterligare försämrat i framtiden (Figur 10).

Ekosystemtjänster i Bällstaåns avrinningsområde		Samlad bedömning nuvarande klimat	Effekter på ekosystemtjänsternas tillstånd vid översvämningar	Expertbedömning av tillstånd framtida klimat
Stödjande	Biologisk mångfald		Negativ	
	Livsmiljö		Negativ	
Reglerande	Sedimentkvarhållning		Negativ	
	Reglering övergödning		Negativ	
	Reglering giftiga ämnen		Negativ	
	Vattenrening		Negativ	
	Skydd mot översvämningar		Negativ	

Figur 10. Expertbedömning av tillstånd i framtida klimat i Bällstaåns avrinningsområde. Se metodbeskrivningar av statusbedömningar i nuvarande klimat i Bergek et al. (2017) samt statusbedömning i framtida klimat i Möllersten (2018). Försumbar effekt = samma färg, negativ effekt = bedömning av tillstånd i nuvarande klimat sänktes.

4. Slutsatser och rekommendationer

I denna rapport bedömdes ekosystemtjänster tillstånd på lokal nivå baserat på metodik som utvecklades för att bedöma tillståndet på ekosystemtjänster i de fem olika vattendistrikten i Sverige (Bergek et al. 2017). Bedömningen av tillstånd används som bas för bedömning över hur kommande klimatförändringar i Sverige, med mer intensiva skyfall och mer frekventa översvämningar (IPCC 2019, SMHI 2020), kan komma att påverka ekosystemtjänster i sötvatten. Resultaten visar på potentiellt negativa effekter på flertalet ekosystemtjänster i vattnet i båda studieområdena med ökad mängd översvämningar. Hur översvämningarna påverkar ekosystemtjänster beror både på storleken av översvämningen och när på året dessa inträffar. Stora översvämningar har oftast en negativ påverkan på ekosystemtjänster medan mindre översvämningar till och med kan påverka vissa ekosystemtjänster positivt, exempelvis för primärproduktionen, vattenreglering och friluftsliv (Talbot et al. 2018). I Mälaren förväntas tillrinning i form av en vårfloodstopp ersättas av ett högt vinterflöde (SMHI 2020). En ökad vattenmättnad i marken vintertid kan leda till att senare nederbörd inte infiltrerar i marken och därmed en ökad ytavrinning. Effekterna i form av ökad markavrinning och påverkan på ekosystemtjänster kan därmed anses vara relativt stor. För att minimera de potentiellt negativa effekterna som översvämningar medför är det viktigt att kunna dämpa flöden. Våtmarker och svämplan fyller sådana viktiga funktioner. Under det senaste seklet har dock nästan en fjärdedel av Sveriges ursprungliga våtmarker försvunnit som ett resultat av framför allt dikning och fördjupning/uträtning av vattendrag. I Sverige finns bara en bråkdel av de forna våtmarkerna kvar (Verhoeven 2014; Naturvårdsverket 2019b) och detsamma gäller i Mälardalen (Naturvårdsverket 2019b). Samma kritiska läge med stor förlust av våtmarker gäller även i resten av världen (Gardner och Finlayson 2018). Klimatförändringarna kan förändra våtmarkernas utbredning och omfattning (Acreman et al. 2014) och även påverka intensiteten av flöden och olika hydromorfologiska processer (Döll och Bunn 2014; Death et al. 2015).

Förändrade klimatförutsättningar kommer sannolikt att vara en av de främsta påverkansfaktorerna på biologisk mångfald i framtiden (IPBES 2019) och omfattningen av negativa effekter kan förväntas bli särskilt stora i kombination med annan påverkan, så som degradering av habitat, överexploatering och invasiva arter (Brook et al. 2008). I denna studie har vi analyserat effekterna av en av de många

faktorer, ökad översvämningssrisk, som kommande klimatförändringar kan bidra till. En kombinerad effekt av flera olika faktorer, som till exempel temperaturförändringar och torka, kommer att påverka ekosystemtjänsterna i sötvatten ännu mer negativt. I Sverige och på nordligare breddgrader kan vi förvänta oss förändringar i temperatur som är påtagliga, med effekter på ekologiska processer och funktioner (Sandin et al. 2014).

Utöver klimatförändringars potentiella påverkan på ekosystemtjänster är ekosystem i sötvatten också utsatta för särskild risk eftersom kemiska, fysiska, klimat- och biologiska faktorer kan spridas och ackumuleras från de atmosfäriska och markbundna miljöerna samt strandmiljöer där sötvatten är inbäddat. Forskning på fler olika stressfaktorer är därför viktigt och det har också det senaste åren skett en tillväxt i intresset för detta forskningsområde (Piggot et al. 2015; Craig et al. 2017; Dudgeon et al. 2019; Reid et al. 2019; Smith et al. 2019; Tickner et al. 2020). Fortsatt kunskap behöver utvecklas för bedömning av ekosystemtjänsters tillstånd samt utveckling av metodik för att kunna övervaka eventuella förändringar hos dessa. Likväl är studier på åtgärder som integrerar land- och vattenförvaltning samtidigt kan mildra effekter av klimatförändringar, eller andra stressfaktorer, viktiga och behöver utvecklas. Över hela världen har påverkansfaktorer förknippade med förändrad markanvändning, som stads- och jordbruksutveckling, ökat (Dudgeon 2019). IPBES (2019) konstaterade tillika att markanvändning är den största påverkan på den biologiska mångfalden. I denna studie, där vi undersöker och testar metodik hur ekosystemtjänster påverkas av översvämning, visar på potentiellt negativa effekter på ett flertal av de undersökta ekosystemtjänsterna i de två studieområdena. Vilken påverkan översvämningarna har beror på vilken marktyp samt tillståndet på ekosystemtjänsterna i ett opåverkat tillstånd. Ett landskapsperspektiv är därför viktig att inkludera vid förvaltningen av våra ekosystem. Peters et al. (2016) poängterade också vikten av att planera för att upprätthålla ekologiska funktioner vid översvämningar i sötvatten. Givet det kritiska läget för ekosystemen i sötvatten (Dudgeon et al. 2006; Reid et al. 2019) och minskningen av den biologiska mångfalden (IPBES 2019; Tickner et al. 2020) är det viktigt med fortsatta studier på ekosystemtjänsters tillstånd och påverkan samt utveckling av åtgärder i landskapet för hållbara akvatiska ekosystem.

Referenser

- Acreman, M., Arthington, A.H., Colloff, M.J., Couch, C., Crossman, N.D., Dyer, F., Overton, I., Pollino, C.A., Stewardson, M.J. & Young, W. (2014). Environmental flows for natural, hybrid, and novel riverine ecosystems in a changing world. *Frontiers in Ecology and the Environment* 12 (8): 466–473. DOI:10.1890/130134.
- Averhed, B. (2016). Biotopkartering av Bällstaån. Biotopkartering enligt den nya metoden. Länsstyrelsen i Stockholm. Fakta 2016:16.
- Bergek, S., Sandin, L., Tomband, F., Hólen, E. & Bryhn, A. (2017). Ekosystemtjänster från svenska sjöar och vattendrag. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2017:7. Havs- och vattenmyndigheten, Göteborg.
- Brook, B.W., Sodhi, N.S. & Bradshaw, C.J.A. (2008). Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology and Evolution* 23, 453–460.
- Bryhn, A., Lindegårdh, M., Bergström, L. & Ulf Bergström (2015). Ekosystemtjänster från svenska hav. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2015:12. Havs- och vattenmyndigheten, Göteborg.
- Bucker, E.H., Bonetto, A., Boyle, T., Canevari, P., Castro, G., Huszar, P. & Stone T. (1993). Hidrovia- an initial environmental examination of the Paraguay - Parana waterway. Wetlands for the Americas Publication No. 10, Manomet, MA, USA.
- Carew, M.E., Pettigrove, V., Cox, R.L. & Hoffmann, A.A. (2007). The response of Chironomidae to sediment pollution and other environmental characteristics in urban wetlands. *Freshwater Biology*, 52: 2444-2462. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2007.01840.x.
- Cook, S.C., Housley, L., Back, J.A. & King, R.S. (2018). Freshwater eutrophication drives sharp reductions in temporal beta diversity. *Ecology*, 99 (1): 47-56. DOI: 10.1002/ecy.2069.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., Oneill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P. & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Craig, L.S., Olden, J.D., Arthington, A.H., Entekhabi, S., Hawkins, C.P., Kelly, J.J., Kennedy, T.A., Maitland, B.M., Rosi, E.J., Roy, A.H., Strayer, D. L., Tank, J.L., West, A.O. & Wooten, M.S. (2017). Meeting the challenge of interacting threats in freshwater ecosystems: a call to scientists and managers. *Elementa Science of the Anthropocene*, 5: 1–15. DOI: 10.1525/elementa.256.
- Dudgeon, D., Arthington, A. H., Gessner, M. O., Kawabata, Z-I., Knowler, L., Lévêque, C., Naiman, R.J., Prieur-Richards, A-H., Soto, D., Stiassny, M. L.J. & Sullivan, C.A. (2006). Freshwater biodiversity: Importance, threats,

- status and conservation challenges. *Biological Reviews* 81: 163–182. DOI: 10.1017/S1464793105006950
- Dudgeon, D. (2019). Multiple threats imperil freshwater biodiversity in the Anthropocene. *Current Biology*, 29: R942-R995. DOI: 10.1016/j.cub.2019.08.002
- Dubey D. & Dutta V. (2020). Nutrient Enrichment in Lake Ecosystem and Its Effects on Algae and Macrophytes. Ur: Shukla V., Kumar N. (eds) *Environmental Concerns and Sustainable Development*. Springer, Singapore.
- Dørge, J. (1994). Modelling nitrogen transformations in freshwater wetlands. Estimating nitrogen retention and removal in natural wetlands in relation to their hydrology and nutrient loadings. *Ecological Modelling*, 75–76: 409–420. DOI: 10.1016/0304-3800(94)90036-1
- Eide, 2014. Wenche Eide (red.) 2014. Arter och naturtyper i habitatdirektivet – bevarandestatus i Sverige 2013. ArtDatabanken SLU, Uppsala.
- Euripidou, E. & Murray, V. (2004). Public health impacts of floods and chemical contamination. *Journal of Public Health*, 26 (4): 376–383. DOI: 10.1093/pubmed/fdh163
- Finn, D.S., Räsänen, K. & Robinson, C.T (2010). Physical and biological changes to a lengthening stream gradient following a decade of rapid glacial recession. *Global Change Biology* 16(12): 3314–3326. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2009.02160.x
- Gardner, R.C. & Finlayson, C.M. (2018). *Global Wetland Outlook. State of the world's wetlands and their services to people 2018*, Ramsar Convention Secretariat, Gland (Schweiz).
- Garssen, A-G., Baattrup-Pedersen, A., Voesenek, L.A.C.J, Verhoeven, J.T.A, & Soons, M. B. (2015). Riparian plant community responses to increase flooding: A meta-analysis. *Global Change Biology*, 21 (8): 2881-2890. DOI: 10.1111/gcb.12921
- Greet, J., Webb, J.A. & Cousens, R.D. (2011). The importance of seasonal flow timing for riparian vegetation dynamics: A systematic review using causal criteria analysis. *Freshwater Biology*, 56 (7): 1231–1247. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2011.02564.x
- Grizzetti, B., Lanzanova, C., Reynaud, A. & Cardoso A.C (2016). Assessing water ecosystem services for resource management. *Environmental Science and Policy*, 61: 194-203. DOI: 10.1016/j.envsci.2016.04.008
- Grizzetti, B., Liqueste, C., Pistocchi, A., Vigiak, O., Zulian, G., Bouraoui, F., De Roo, A. & Cardoso, A.C., (2019). Relationship between ecological condition and ecosystem services in European rivers, lakes and coastal waters. *Science of the Total Environment*, 671 (25): 452–465. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.155
- Haines-Young, R. & M.B. Potschin (2017): *Common International Classification of Ecosystem Services (CICES) V5.1 and Guidance on the Application of the Revised Structure*.
- Havs- och vattenmyndigheten (2016). *Limniskt inriktade naturreservat. Kriterier för bedömning*. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2016:32. Havs- och vattenmyndigheten, Göteborg.
- Havs- och vattenmyndigheten (2017). <https://www.havochvatten.se/badplatser-och-badvatten.html>
- Hubbard, L., Kolpin, D.W., Kalkhoff, S.J. & Robertson, D.M. (2011). Nutrient and sediment concentrations and corresponding loads during the historic

- June 2008 flooding in Eastern Iowa. *Journal of Environmental Quality*, 40 (1): 166–175. DOI: 10.2134/jeq2010.0257
- IPBES (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Brondizio, E. S., Settele, J., Díaz, S., Ngo, H. T. (red). IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- IPCC (2019). Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Shukla, P.R., Skea, J., Calvo Buendia, E., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Zhai, P., Slade, R., Connors, S., van Diemen, R., Ferrat, M., Haughey, E., Luz, S., Neogi, S., Pathak, M., Petzold, J., Portugal Pereira, J., Vyas, P., Huntley, E., Kissick, K., Belkacemi, M. Malley, J. (red.).
- Lantmäteriet (2019). Produktbeskrivning: GSD-Terrängkartan, vector.
- La Notte, A., D’Amato, D., Mäkinen, H., Paracchinia, M. L., Liqueeta, C., Egoh, B., Geneletti, D. & Crossman, N.G. (2017). Ecosystem service classifications: A system ecology perspective of the cascade framework. *Ecological indicators*, 74: 392–402. DOI: 10.1016/j.ecolind.2016.11.030
- Li, J., Hansson, L-A. och Persson, K.M., (2018). Nutrient Control to Prevent the Occurrence of Cyanobacterial Blooms in a Eutrophic Lake in Southern Sweden, Used for Drinking Water Supply. *Water* 2018, 10 (7): 1-11. DOI: 10.3390/w10070919
- MEA (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. World Resources Institute. Island Press, Washington, DC. 137 sid.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (2019). Översvänningsportalen. <https://gisapp.msb.se/Apps/oversvanningsportal/enkel-karta.html>
<https://gisapp.msb.se/Apps/oversvanningsportal/enkel-karta.html>
- Möllersten, E. (2018). Assessment of freshwater ecosystem services – with a case study in river Arbogaån. Bedömning av ekosystemtjänster och effekter av klimatförändringar – med en fallstudie i Arbogaån. Master’s thesis. Master's program in Soil and Water Management.
- Naturvårdsverket (2019a). Myllrande våtmarker. Underlag till den fördjupade utvärderingen av miljömålen 2019. Rapport 6893.
- Naturvårdsverket (2019b). Beskrivning av Våtmarksinventeringen (VMI). PM 2019-09-09.
- Newcombe, C.P. & Macdonald, D.D. (1991). Effects of suspended sediments on aquatic ecosystems. *North American Journal of Fisheries Management*, 11(1):72–82. DOI: 10.1577/1548-8675(1991)011<0072:EOSSOA>2.3.CO;2
- Pansar, J. & Hagström, J. (2013). Bällstaåns vattenkvalitet 1997-2012. Länsstyrelsen i Stockholm, Fakta 2013:2.
- Paerl, H.W., Gardner, W.S., Havens, K.E., Joyner, A.R., McCarthy, M.J., Newell, S.E., Qin, B. & Scott, J.T. (2016). Mitigating cyanobacterial harmful algal blooms in aquatic ecosystems impacted by climate change and anthropogenic nutrients. *Harmful Algae*, 54: 213–222. DOI: 10.1016/j.hal.2015.09.009
- Peters, D.L., Caissie, D., Monk, W.A., Rood, S.B. & St-Hilaire, A. (2016). An ecological perspective on floods in Canada. *Canada Water Resource Journal*, 41: 292–310. DOI: 10.1080/07011784.2015.1070694

- Pettersson, M., Ericsson, M., Bergdahl, D., von Sydow, K., Högborg-Gonzalez, S., Östlund, E., Falk, A.M., Naver, S., Mathiasson L. & Ljunglund, E.K. (2011). Översvämningar i Norra Östersjöns vattendistrikt. Länsstyrelserna i Västmanland, Örebro, Uppsala, Stockholm, Södermanland & Dalarna.
- Piggott, J.J., Townsend, C. R & Matthaei, C.D. (2015). Reconceptualizing synergism and antagonism among multiple stressors. *Ecology and Evolution*, 5 (7): 1538-1547. DOI: 10.1002/ece3.1465
- Poff, N.L. & Zimmerman, J.K.H. (2010). Ecological responses to altered flow regimes: a literature review to inform the science and management of environmental flows. *Freshwater Biology*, 55:194–205. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2009.02272.x
- Reid, A. J., Carlson A. K., Creed I. F., Eliason E. J., Gell P. A., Johnson P. T. J. & Cooke S. J. (2019). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. *Biological Reviews*, 94 (3): 849–873. DOI: 10.1111/brv.12480
- Sandin, L., Schmidt-Kloiber, A., Svenning, J-C., Jeppesen, E. & Friberg, N. (2014). A trait-based approach to assess climate change sensitivity of freshwater invertebrates across Swedish ecoregions. *Current Zoology* 60 (2): 221-232. DOI: 10.1093/czoolo/60.2.221
- Schindler, D.W. (2006). Recent advances in the understanding and management of eutrophication. *Limnology and Oceanography*, 1 (2): 356–363. DOI: 10.4319/lo.2006.51.1_part_2.0356
- Schröder, J. J., Scholefield, D., Cabral, F. & Hofman, G. (2004). The effects of nutrient losses from agriculture on ground and surface water quality: the position of science in developing indicators for regulation. *Environmental Science and Policy*, 7(1): 15–23. DOI: 10.1016/j.envsci.2003.10.006
- SMHI (2020). Klimatindikator -Nederbörd. <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/klimatindikatorer>
- Smith, V.H., Tilman, G.D. & Nekola, J.C. (1999). Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*, 100 (1999): 179–196. DOI: 10.1016/S0269-7491(99)00091-3
- Smith, S.D.P., Bunnell, D.B., Burton Jr, G.A., Ciborowski, J.J.H., Davidson, A.D., Dickinson, D.E., Eaton, L.A., Esselman, P.C., Evans, M.A., Kashian, D.R., Manning, N.F., McIntyre, P.B., Nalepa, T.F., Pérez-Fuentetaja, A., Steinman, A.D., Uzarski, D.G. & Allan, J.D. (2019). Evidence for interactions among environmental stressors in the Laurentian Great Lakes. *Ecological Indicators*, 101: 203–211. DOI: 10.1016/j.ecolind.2019.01.010
- Smol, J. P., Wolfe, A. P., Birks, H.J.B., Douglas, M.S.V., Jones, V.J., Korhola, A., Pienitz, R., Rühland, K., Sorvari, S., Antoniades, D., Brooks, S.J., Fallu, M.A., Hughes, M., Keatley, B.E., Laing, T.E., Michelutti, N., Nazarova, L., Nyman, M., Paterson, A.M., Perren, B., Quinlan, R., Rautio, M., Saulnier-Talbot, E., Siitonen, S., Solovieva, N., & Weckström, J. (2005). Climate-driven regime shifts in the biological communities of arctic lakes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(12): 4397–4402. DOI: 10.1073/pnas.0500245102
- Stråe, D., van der Nat, D. & af Petersens, A. (2014). Bällstaåns avrinningsområde, planeringsunderlag – PM. Miljöförvaltningen, Stockholms Stad.
- Sveriges miljömål (2017). <https://sverigesmiljomal.se/>

- Talbot, C.J., Bennett, E.M., Cassell, K.L.K, Hanes, D.M., Minor, E.C., Paerl, H., Raymond, P.A., Vargas, R., Vidon, P.G., Wollheim, W. & Xenopoulos, M.A (2018). The impact of flooding on aquatic ecosystem services. *Biogeochemistry*, 141: 439–461. DOI: 10.1007/s10533-018-0449-7(0123456789().,-volV)(0123456789().,-volV)
- TEEB, 2010. The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. s. 36.
- Tickner, D., Opperman, J.J. Abell, R., Acreman, M., Arthington, A.H. Bunn, S.E., Cooke, S.J, Dalton, J., Darwell, W., Edwards G., Harrison, I., Hughes, K., Jones, T., Leclère, D., Lynch, A.J., Leonard, P., McClain, M.E. Muruven, D., Olden, J.D., Ormerod, S.J. Robinson, J., Tharme, R.E., Thieme, M., Tockner, K., Wright, M. & Young, L. (2020). Bending the Curve of Global Freshwater Biodiversity Loss: An Emergency Recovery Plan. *BioScience*, 70 (4): 330–342. DOI: 10.1093/biosci/biaa002
- Tyréns. 2016. Källspårning av PFAS i Bällstaån. Rapport 31 Mars 2016, Stockholms stad, Järfälla kommun.
- Verhoeven, J.T.A. (2014). Wetlands in Europe: Perspectives of a restoration of a lost paradise. *Ecological Engineering*, 66: 6-9. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2013.03.006
- VISS, 2017. <https://viss.lansstyrelsen.se/>
- Vitousek, P.M., Aber, J.D., Howarth, R.W., Likens, G.E., Matson, P.A., Schindler, D.W., Schlesinger, W.W & Tilman, D.G. (1997). Human alteration of the global nitrogen cycle: sources and consequences. *Ecological Applications*, 7(3): 737–750. DOI: 10.1890/1051-0761(1997)007[0737:HAOTGN]2.0.CO;2
- Zhichun, L., Yason, C., Ruichang, S., Yongjiu, C., Hao, L, Bisong, J. & Jiakuan, C. (2020, in press). Effects of flooding duration on wetlands plant biomass: The importance of soil nutrients and season. *Freshwater Biology*. <https://doi.org/10.1111/fwb.13630>

Tack

Rapporten har producerats inom projektet LIFE IP Rich Waters vilket är ett samarbete mellan olika aktörer inom Norra Östersjöns vattendistrikt med målet att bidra till en förbättrad vattenmiljö. Stöd har beviljats av EU/LIFE och Havs- och vattenmyndigheten (genom anslag 1:11 Åtgärder för havs- och vattenmiljö).

Vi vill tacka Magnus Larsson för arbete med GIS analyser, Emelie Möllersten för arbetet kopplat till masterarbetet. Tack också till Joacim Näslund och Andreas Bryhn för konstruktiv kritik på manuskriptet samt till Teresa Soler hjälpte oss med den slutliga redigeringen av rapporten.

Bilaga 1. Organisationer/företag representerade på de workshops som hölls 2017

Workshop i Lindesberg 23 maj för Arbogaåns avrinningsområde	Workshop i Hässelby 1 juni 2017 för Bällstaåns avrinningsområde
Sveriges lantbruksuniversitet	Sveriges lantbruksuniversitet
Hushållningssällskapet	Länsstyrelsen i Västra Götaland
Länsstyrelsen i Västmanland	Länsstyrelsen i Stockholm
Länsstyrelsen i Örebro	Stockholms kommun
Länsstyrelsen i Västra Götaland	Järfälla kommun
Ljusnarsbergs kommun	Ljusnarsbergs kommun
Samhällsbyggnad Bergslagen	Stockholms läns landsting
Västerås stad	Mälarenergi
Naturskyddsföreningen	Stockholm vatten
Sportfiskarna	Stockholms stad
Mälarens vattenvårdsförbund	Bälstaågruppen
Arbogaåns vattenförbund	Naturskyddsföreningen
Lantbrukarnas riksförbund	
Älvräddarna	
Mälarenergi	

Bilaga 2. Indikatorer som är utvalda att kunna representera ekosystemtjänsters tillstånd.

		Vattendirektivet				Indikatorer för miljökvalitetsmålen	Indikatorer från andra direktiv		Indikatorer från andra direktiv											
		Kvalitetsfaktorer		Påverkansanalyser																
Stödjande	Biogeokemiska kretslopp	x	x		x				x											
	Primärproduktion	x	x	x	x			x	x		x	x								
	Näringsväv	x	x	x					x	x		x	x							

Bilaga 3. Utvalda indikatorer i befintliga direktiv

Utvalda indikatorer från Vattendirektivet (2000/60/EG)

Kvalitetsfaktorer- biologi:

De biologiska kvalitetsfaktorerna som valts ut för bedömning av ekosystemtjänsternas tillstånd i sötvatten är:

1. Bottenfauna
2. Makrofyter
3. Kiselalger
4. Växtplankton
5. Fisk (EQR8, VIX)

Kvalitetsfaktorer- fysikalisk kemisk:

De fysikalisk- kemiska kvalitetsfaktorerna som valts ut för bedömning av ekosystemtjänsternas tillstånd i sötvatten är:

1. Näringsämnen
2. Ljusförhållanden
3. Syrgasförhållanden
4. Försurning
5. Syntetiska särskilt förorenade ämnen

Kvalitetsfaktorer- hydromorfologi:

De hydromorfologiska kvalitetsfaktorerna som valts ut för bedömning av ekosystemtjänsternas tillstånd i sötvatten är:

1. Kontinuitet
2. Hydrologisk regim
3. Morfologiska förhållanden

Kemisk status:

För statusbedömning av ekosystemtjänsterna med hjälp av kemiska tillstånd har en samlad bedömning använts, inklusive kvicksilver, använts.

1. Prioriterande ämnen inklusive Hg

Länsstyrelsernas påverkansanalyser av övergödning:

De parametrar som valts ut för bedömning av ekosystemtjänsternas tillstånd i sötvatten är:

1. Utsläpp/belastning av fosfor
2. Utsläpp/belastning av kväve
3. Övergödning och syrefattiga förhållanden

Länsstyrelsernas påverkansanalyser av miljögifter:

För miljögifter ges en samlad bedömning av föroreningar av miljögifter som är en följd av utsläpp av såväl prioriterade ämnen som föroreningar i sediment för bedömning av ekosystemtjänsternas tillstånd i sötvatten.

Länsstyrelsernas påverkansanalyser av främmande arter:

För främmande arter har vi använt oss av den samlade bedömningen för bedömning av ekosystemtjänsternas tillstånd i sötvatten.

Länsstyrelsernas påverkansanalyser av andra betydande miljöproblem:

För andra betydande miljöproblem har vi använt oss av:

1. Förhöjd vattentemperatur
2. Vattenuttag

Utvalda indikatorer ur miljömålsportalen

Mer information på miljömålsportalen¹

Levande sjöar och vattendrag samt Ett rikt växt- och djurliv

Miljökvalitetsmålet Levande sjöar och vattendrag och Ett rikt växt- och djurliv är sammanslagna då samma indikatorer har använts för dessa två miljömål. Levande sjöar och vattendrag ska vara ekologiskt hållbara och deras variationsrika livsmiljöer ska bevaras. Naturlig produktionsförmåga, biologisk mångfald, kulturmiljövärden samt landskapets ekologiska och vattenhushållande funktion ska bevaras, samtidigt som förutsättningar för friluftsliv värnas. Den biologiska mångfalden ska bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt, för nuvarande och framtida generationer. Arternas livsmiljöer och ekosystemen samt deras funktioner och processer ska värnas. Arter ska kunna fortleva i långsiktigt livskraftiga bestånd med tillräcklig genetisk variation. Människor ska ha tillgång till en god natur- och kulturmiljö med rik biologisk mångfald, som grund för hälsa, livskvalitet och välfärd. I miljökvalitetsmålet Ett rikt växt- och djurliv preciseras att den biologiska mångfalden ska bevaras och nyttjas på ett hållbart sätt, för nuvarande och framtida generationer. Arternas livsmiljöer och ekosystemen samt deras funktioner och processer ska värnas. Arter ska kunna fortleva i långsiktigt livskraftiga bestånd med tillräcklig genetisk variation. Människor ska ha tillgång till en god natur- och kulturmiljö med rik biologisk mångfald, som grund för hälsa, livskvalitet och välfärd.

Bara naturlig försurning

De försurande effekterna av nedfall och markanvändning ska underskrida gränsen för vad mark och vatten tål. Nedfallet av försurande ämnen ska inte heller öka korrosionshastigheten i markförlagda tekniska material, vattenledningssystem, arkeologiska föremål och hållristningar.

Giftfri miljö

Förekomsten av ämnen i miljön som har skapats i eller utvunnits av samhället ska inte hota människors hälsa eller den biologiska mångfalden. Målet är att halterna av naturfrämmande ämnen ska vara nära noll och deras påverkan på människors hälsa och ekosystemen försumbar. Samtidigt ska halterna av naturligt förekommande ämnen vara nära bakgrunds nivåerna.

¹<http://www.miljomal.se/sv/Miljomalen/Allaindikatorer/?mkmid=0&enablelocation=0&lid=0&psize=1000&fid=0&ismainonly=1>

Ingen övergödning

Halterna av gödande ämnen i mark och vatten ska inte ha någon negativ inverkan på människors hälsa, förutsättningar för biologisk mångfald eller möjligheterna till allsidig användning av mark och vatten.

Utvalda indikatorer ur Art- och habitatdirektivet och Badvattendirektivet

Art- och habitatdirektivet, direktiv 92/43/EEG och Badvattendirektivet (Rådets direktiv 2006/7/EEG).

Art- och habitatdirektivet:

Huvudsyftet med art- och habitatdirektivet är att uppnå en hållbar utveckling genom att främja den biologiska mångfalden samtidigt som man tar hänsyn till ekonomiska, sociala, kulturella och regionala behov. En sammantagen bedömning har använts för detta direktiv enligt klassningen 2013 (Eide, 2014).

Badvattendirektivet:

De bad som omfattas av badvattendirektivet skall kontrolleras minst tre eller fyra gånger per år beroende på badsäsongens längd. Provtagning sker för att analysera förekomsten av så kallade E. coli och intestinala enterokocker. I statusbedömningen av ekosystemtjänsterna har vi använt oss av en sammantagen bedömning av dessa indikatorer.

