



Länsstyrelserna



Havsmiljöinstitutet



Funktionella landskap – hav, sötvatten och våtmarker

Rapport från seminarium 24 november 2022

Titel: Funktionella landskap – hav, sötvatten och våtmarker
Utgiven av: Länsstyrelsen Skåne
Författare: Sofia A. Wikström (redaktör) och Lisa Bergqvist, Stockholms universitets Östersjöcentrum för Havsmiljöinstitutet på uppdrag av Länsstyrelsen Skåne.

Beställning: Länsstyrelsen Skåne
Miljöavdelningen
205 15 Malmö
Telefon 010-224 10 00

Copyright: Länsstyrelsen Skåne
Diarienummer: 511-36310-2022
ISBN: 978-91-7675-308-8
Rapportnummer: 2023:02
Layout: Länsstyrelsen Skåne rapportmall
Tryckeri, upplaga: Länsstyrelsen Skåne, enbart digitala ex.
Tryckår: 2023
Omslagsbild: Arek Socha/Pixabay

Förord

För att bevara och stärka biologisk mångfald och säkra ekosystemtjänster krävs det att det finns livsmiljöer i tillräcklig omfattning och kvalitet i landskapet. Det behövs nätverk av livsmiljöer som är ekologiskt funktionella i ett landskapsperspektiv, en grön infrastruktur, för att säkra populationers långsiktiga överlevnad. För att kunna utvärdera om de insatser som görs för att bevara och stärka biologisk mångfald är tillräckliga behövs indikatorer och beskrivningar för när en funktionell grön infrastruktur har uppnåtts för olika naturtyper. Denna rapport utgör en tredje rapport i arbetet med att ta fram indikatorer för och beskrivningar av funktionell grön infrastruktur, som i sin tur är tänkt att ligga till grund för förslag om etappmål och slutmål för arbetet med att bevara biologisk mångfald i de svenska naturlandskapen på land och i vatten.

I uppföljningen av miljömålen 2020 skriver Naturvårdsverket att det inte har gått att följa upp tidigare beslutat etappmål för skydd av landområden, sötvattensområden och marina områden eftersom det är ofullständigt utrett för samtliga ekosystem om skyddet är ekologiskt representativt, sammanhängande och funktionellt. Utifrån befintligt bedömningsunderlag är nuvarande naturvårdsinsatser och skyddsformer inte tillräckliga för att miljö kvalitetsmål och internationella åtaganden om biologisk mångfald ska uppnås. Fler aktörer behöver genomföra åtgärder som stärker grön infrastruktur i brukade landskap vardagslandskap. För att få detta att ske måste det vara tydligt för aktörerna vad som behöver göras. Planering och åtgärder behöver göras i samverkan och det behövs gemensamma målbilder för en fungerande grön infrastruktur.

Genom denna samverkansåtgärd för utveckling av indikatorer för och beskrivningar av funktionell grön infrastruktur vill de medverkande myndigheterna arbeta för samverkan och gemensamma målbilder kring grön infrastruktur och arbetet för att bevara och gynna biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Under 2021-2022 påbörjades samverkansåtgärden för att ta fram indikatorer och beskrivningar av en funktionell grön infrastruktur. Beskrivningarna och indikatorerna ska belysa kvalitet, storlek, täthet och konnektivitet hos representativa naturtyper i Sverige. Syftet är att få bättre underlag för ett fortsatt arbete bland annat för att kunna utveckla mål för funktionell grön infrastruktur som behöver uppnås för att bevara den biologiska mångfalden och stärka ekosystemtjänsterna.

Länsstyrelserna, Skogsstyrelsen, Havs- och vattenmyndigheten, Jordbruksverket och Naturvårdsverket samverkar i detta arbete inom ramen för Miljömålsrådets programområde om Insatser för grön infrastruktur. Länsstyrelserna är drivansvariga och har genom länsstyrelsernas miljönätverks gröna grupp förankringsmandatet gentemot länsstyrelsesfären.

Författarna svarar själva för innehållet och slutsatserna i rapporten, som speglar innehållet i kunskapsseminariet ”Funktionell grön infrastruktur i hav, sötvatten och våtmarker” som arrangerades av Havsmiljöinstitutet den 24 november 2022.

Björn Jonsson

Sammanställande för Miljönätverkets Gröna grupp

Innehållsförteckning

Förord	2
Inledning	6
Funktionella havslandskap	8
Översikt	8
Kan forskningen hjälpa till att sätta mål och indikatorer?	9
Andra relevanta underlag för marin grön infrastruktur	10
Marlene Jahnke: Bedömning av havslandskapets funktionalitet för ålgräs	12
Hög genetisk mångfald viktigt	13
Studier av konnektivitet för en bättre förvaltning.....	13
Möjliggör planering av restaurering och marint skydd	14
Ulf Bergström: Ekologisk konnektivitet i svenska kust- och havsområden.....	16
Viktiga områden finns i innerskärgården	16
Fysisk påverkan ökar och påverkar konnektiviteten	17
Martin Gullström: Hur kan vi förvalta och bevara effektiva kolsänkor längs våra kuster?.....	19
Flera viktiga miljöer för ”blått kol”	19
Intakta miljöer ger större kolinlagring.....	21
Funktionella sötvattenslandskap	22
Översikt	22
Mål och indikatorer för funktionella strandzoner	23
Multifunktionalitet och målkonflikter	23
Specifika mål behövs.....	24
Brendan Mckie: Strandzonen – koppling mellan grön och blå infrastruktur	25
Det omkringliggande landskapets status påverkar	26
Ett verktyg för planering av strandzonsrestaurering.....	26
Lenka Kuglerová: Indikatorer för funktionella strandzoner i skogsbruket	27
Lagkrav att spara buffertzonen.....	27
Utforma fungerande indikatorer	29
Peter Hambäck: Funktionalitet i naturliga och anlagda våtmarker i jordbrukslandskap.....	31
Synergier eller trade-offs mellan funktionerna.....	32
Hur gynnas mångfalden av anlagda våtmarker?.....	33
Förstå och förklara våtmarkernas hydrologiska och temporala dynamik	33
Indikatorer på fungerande mångfald i våtmarker	33
Sammanfattning	34
Deltagarförteckning	35
Referenser	36

Inledning

Grön infrastruktur (GI) har blivit ett viktigt begrepp i Sveriges arbete med att bevara biologisk mångfald och ekosystemtjänster. Begreppet syftar på ett nätverk av natur som bidrar till fungerande livsmiljöer för växter och djur och som är viktig för människors välbefinnande. Arbetet med grön infrastruktur koordineras av Naturvårdsverket, som har tagit fram vägledning för planering av denna¹. En central del är regionala handlingsplaner för grön infrastruktur, som ligger till grund för länens arbete med frågan.

Naturvårdsverket definierar grön infrastruktur som ”ekologiskt funktionella nätverk av livsmiljöer och strukturer, naturområden samt anlagda element som utformas, brukas och förvaltas på ett sätt så att biologisk mångfald bevaras, samt att för samhället viktiga ekosystemtjänster främjas i hela landskapet”. Det innebär i praktiken att den gröna infrastrukturen behöver innefatta en variation av olika naturmiljöer med *tillräcklig kvalitet och storlek* för att skapa en god livsmiljö för mångfalden av växter och djur, och med *tillräckligt goda spridningsmöjligheter* (konnektivitet) mellan områdena så att växter och djur kan leva och röra sig fritt i hela landskapet. Den gröna infrastrukturen behöver också vara utformad så att den upprätthåller viktiga ekosystemtjänster på landskapsnivå.

För att förstå om den gröna infrastrukturen i ett landskap är funktionell krävs således kunskap om det finns tillräckligt mycket av lämpliga livsmiljöer för att arter ska kunna överleva och reproducera sig. Dessutom krävs bedömningar av om livsmiljöerna är så isolerade att arter inte kan sprida sig till dem eller om vandringshinder förhindrar arters rörelser mellan lämpliga livsmiljöer. Det här är frågor som ställs inom landskapsekologisk forskning, som har utvecklat en rad metoder och verktyg för att besvara praktiska frågor och utmaningar i arbetet med att bevara biologisk mångfald. När det gäller ekosystemtjänster görs motsvarande ansträngningar för att besvara frågor om hur naturlandskapets utformning påverkar upprätthållandet av ekosystemtjänster som pollinering, upptag och inlagring av kol och minskat näringsläckage till sjöar och hav.

Frågan som denna rapport syftar till att besvara är vilken ekologisk kunskap som finns om vad som karaktäriserar en funktionell grön infrastruktur för biologisk mångfald i hav och sötvatten i Sverige, samt hur dess funktionalitet kan mätas och följas upp med hjälp av indikatorer. Rapporten presenterar aktuell forskning, verktyg och metoder som redan idag finns tillgängliga för att använda i arbetet med grön infrastruktur, exempelvis för att identifiera skyddsvärda områden och restaurerings- och skötselåtgärder som kan öka funktionaliteten hos naturmiljöer och landskap. Här presenteras även idéer om hur forskningen kan ta fram underlag för mål och indikatorer för grön infrastruktur utifrån förvaltningens behov. Rapporten är uppdelad i ett kapitel om hav och ett om sötvatten, som båda innehåller en översikt av den forskning som presenterades och diskuterades under

¹ <https://www.naturvardsverket.se/gron-infrastruktur>

kunskapsseminariet samt en sammanfattning av de presentationer som hölls av inbjudna forskare. I ett avslutande kapitel ges en sammanfattande reflektion och en kort översikt över de behov av vidare arbete som identifierades under seminariet.



Foto: Ulrika Brenner

Funktionella havslandskap



Foto: ASSY/Pixabay

Översikt

Marin landskapsekologi ("seascape ecology") är ett ungt forskningsfält jämfört med landskapsekologi på land. En anledning till det är att det i stor utsträckning har saknats kartor över marina habitat och viktiga miljöfaktorer, samt att kunskapen om utbredningen av marina arter ofta varit bristfällig. Men sedan ungefär 30 år har ett ökande antal marina forskare börjat intressera sig för och testa landskapsekologiska koncept och teorier i havsmiljön. Mycket av forskningen är gjord på mosaiker av kustområdet (korallrev, mangrove och sjögräsängar) i tropikerna, men det finns ett växande antal studier från svenska och närliggande kust- och havsområden, som kan ha relevans för förvaltningen av grön infrastruktur (t ex Stavely et al. 2017, Jahnke et al. 2018a, Nyström Sandman et al. 2020).

Forskarpresentationerna under kunskapsseminariet gav ett smakprov på aktuell och förvaltningsrelevant forskning. Marlene Jahnke beskrev hur forskare vid Göteborgs universitet kombinerat genetiska undersökningar med oceanografisk modellering för att kartlägga konnektivitet mellan ålgräsängar längs den svenska västkusten. Den här typen av landskapsgenetiska studier är en växande forskningsinriktning inom marin landskapsekologi och kan bland annat visa förvaltningen vilka ängar som är extra viktiga att skydda eftersom de kan ha stor

betydelse för artens fortlevnad i ett större landskap (Jahnke et al. 2018, Jahnke et al. 2020).

Ulf Bergström visade resultat från en stor sammanställning av spridningsavstånd för ett stort antal havslevande arter i Sverige, som han och hans kollegor använt för att ta fram en enklare modell för konnektivitet mellan viktiga habitat för kustlevande arter längs den svenska Östersjökusten (Berkström et al. 2022). Slutligen berättade Martin Gullström om kommande studier för att förstå hur sammansättningen av kustbiotoper styr kustområdets förmåga att fungera som en naturlig kolsänka.

En annan studie som är relevant att lyfta är projektet Imagine, finansierat av Naturvårdsverkets miljöforskningsanslag, som har undersökt hur förvaltningen kan stödja bevarandet av marin grön infrastruktur (Nyström Sandman et al. 2020). Studien ger en rad förslag på hur förvaltningen bättre kan väga in landskapsperspektiv, exempelvis genom att ta hänsyn till kumulativa effekter vid bedömning av strandskyddsdispenser och att ta in kunskapsunderlag om konnektivitet i planeringen av marina skyddade områden.

Kan forskningen hjälpa till att sätta mål och indikatorer?

Två möjliga målbilder som diskuterades under seminariet var (1) en långsiktig överlevnad av ålgräs och andra hotade arter och (2) att rörliga arter, framförallt fisk, inte ska vara begränsade av tillgången till lekområden. Detta kopplar till aktuella frågor för skydd av biologisk mångfald och planering av grön infrastruktur i svenska havsområden. Grunda, vågskyddade kustområden tillhör de havsmiljöer som är mest utsatta för fragmenteringsproblematik, det vill säga att konnektiviteten mellan livsmiljöerna inte är tillräcklig. Det gör att vissa arter inte kan ta sig mellan de områden där de lever som vuxna och de områden där de förökar sig, vilket är ett hot mot populationer av kustlevande fisk. För vissa kustfiskarter i Östersjön (framförallt abborre och gädda) kan mellan 50 och 80 procent av rekryteringsområdena ha försvunnit på vissa håll, på grund av småskalig kustexploatering tillsammans med storskaliga miljöförändringar som lett till ökning av storspigg som förhindrar eller försvårar en lyckad reproduktion. I de regionala handlingsplanerna identifieras också grunda områden som särskilt betydelsefulla för marin grön infrastruktur i flera län (Nyström Sandman 2020).

Det finns inga etablerade indikatorer som kan användas för att bedöma grön infrastruktur som helhet i havet. Diskussionerna under seminariet landade i att det inte heller är realistiskt att ta fram indikatorer som täcker in alla aspekter av funktionell grön infrastruktur, utan att det mest angelägna skulle vara att ta fram indikatorer för hotade arter som ålgräs och för grunda vikar/lekhabitat för fisk.

De studier som Marlene Jahnke och hennes kollegor gör på konnektivitet hos ålgräsängar har kommit så pass långt att det inom kort kan finnas nätverksindikatorer möjliga att använda i förvaltningen, men det återstår

ytterligare utvärderingar av hur de fungerar över tid. En sådan indikator går att koppla till den påbörjade miljöövervakningen av ålgräsets genetik och kommer därmed att bygga på data som ändå samlas in, vilket gör att den inte behöver bli alltför kostsam att använda. Det skulle också gå att ta fram liknande studier och kunskapsunderlag för andra hotade arter, baserat på data från den populationsgenetiska miljöövervakningen som Havs- och vattenmyndigheten nu påbörjar.

Även studierna av konnektiviteten vid ostkusten (Ulf Bergström m fl) skulle kunna utvecklas till en möjlig indikator, där man till exempel sätter upp mål för hur stor andel av de områden som har störst betydelse för att arter ska kunna sprida sig som bör skyddas. För att sätta dessa mål skulle det vara värdefullt att veta hur stor areal som behöver skyddas innan tillgången till lekområden är tillräckligt god för att inte begränsa fiskpopulationerna. Det är antagligen möjligt att uppskatta detta från redan insamlade data, i kombination med de nya studierna av konnektivitet vid kusten (Berkström et al. 2019).

För fiskhabitat på västkusten finns en del resultat från landskapsstudier som genomförts av Martin Gullström med kollegor (Stavely et al. 2017, Perry et al. 2018a, Perry et al. 2018b, Staveley et al. 2019, Stavely et al. 2020). Ytterligare analyser av data från dessa och andra studier skulle kunna resultera i möjliga landskapsindikatorer för grunda vikar, fisk och vegetation på västkusten.

När det gäller ekosystemtjänster från marina habitat kommer forskningen om havsmiljöernas förmåga att ta upp och lagra kol, som presenterades av Martin Gullström, förmodligen kunna ligga till grund för indikatorer på några års sikt.

Andra relevanta underlag för marin grön infrastruktur

Det nationellt utvecklade verktyget Mosaic (Hogfors et al. 2020) kan användas för att identifiera marina värdekärnor, det vill säga områden med särskilt höga naturvärden, och större områden av dessa, så kallade värdetrakter, för planering av grön infrastruktur. Verktyget innehåller en omfattande sammanställning av kunskap om naturvärden för marina arter och habitat, som går att koppla till de modellerade utbredningskartor som finns framtagna för stora delar av det svenska havsområdet.

Flera pågående projekt tangerar frågan om hur grön infrastruktur i havet kan bedömas och användas i förvaltningen, till exempel HaVs samordnade åtgärdsstrategi mot fysisk påverkan och för biologisk återställning i kustvattenmiljön (ÅPH29), där prioriteringarna bygger på verktyget Mosaic, och projektet Bedömningsgrunder för konnektivitet i kustvatten som Ulf Bergström med flera vid SLU arbetar med. Det kunskapsunderlag som är sammanställt av gruppen som arbetar med den samordnade åtgärdsstrategin är ett bra underlag för att arbeta med grön infrastruktur i havet, även om det finns utrymme för förbättringar. En stor brist är att de kartor som visar bottensubstrat inte är öppet

tillgängliga på grund av säkerhetsskäl. Det pågår dock diskussioner om hur de kartorna ska kunna användas som underlag för beslut utan att de i sig offentliggörs.

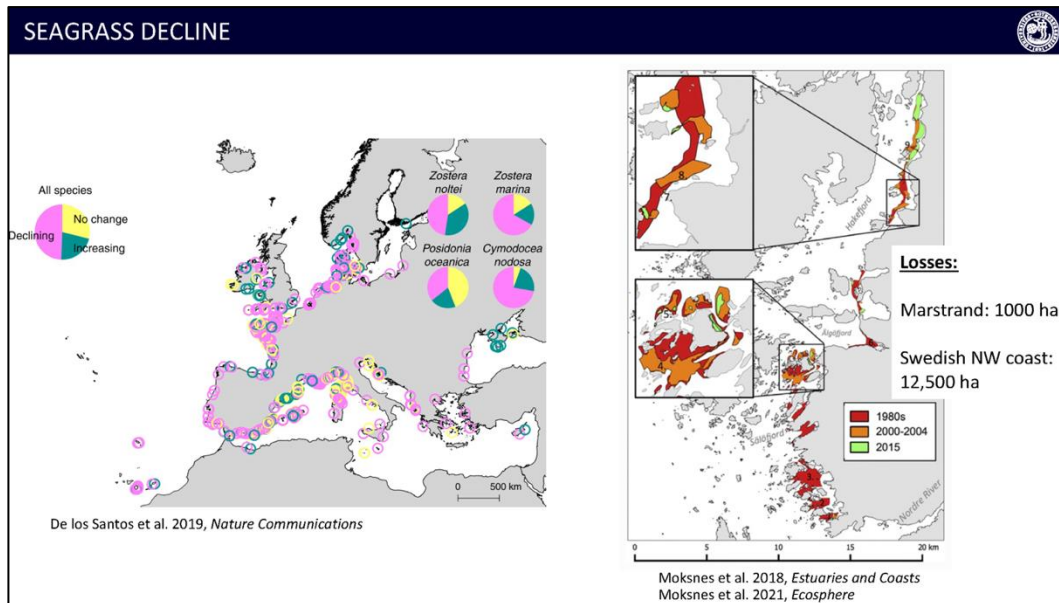
För den statliga havsplaneringen visar Jonsson et al. (2021) hur modellbaserad kunskap om konnektiviteten i havslandskapet kan användas för att väga in grön infrastruktur i den kumulativa miljöbedömning som görs i verktyget Symphony.



Foto: Ulrika Brenner

Marlene Jahnke: Bedömning av havslandskapets funktionalitet för ålgräs

Genom att kombinera genetiska undersökningar med oceanografisk modellering och nätverksteori har Marlene Jahnke, Göteborgs universitet, och hennes forskarkollegor hittat metoder att bedöma konnektiviteten mellan olika ålgräsängar i Västerhavet. Informationen kan användas för att bedöma vilka ängar som är viktigast att skydda eller restaurera för den genetiska mångfalden hos ålgräs och därmed hela artens förmåga att klara av till exempel klimatförändringar.



Figur 1. Ålgräset minskar i många områden i Europa, bland annat på Sveriges västkust.

Marlene Jahnke, Göteborgs universitet, och hennes forskarkollegor har under flera år studerat hur konnektivitet mellan ålgräsängar kan bedömas och hur kunskapen kan användas i havsförvaltning. Ålgräs är en blommande kärlväxt, som har återvänt från land till havet och är nära besläktad med landväxande gräsarter. Plantan har rötter som stabiliserar botten, kan reproducera sig med hjälp av pollinering, och använder ljus och koldioxid för fotosyntes. Ålgräset bidrar med många viktiga ekosystemtjänster, bland annat just genom att ta upp och lagra koldioxid och näringsämnen och syresätta vattnet. Det monetära värdet för detta har uppskattats till mer än 1 miljon kronor per hektar ålgräs på den svenska västkusten (Moksnes et al 2021). Utbredning av ålgräs motverkar också kusterosion och filtrerar vattnet och ålgräsängen utgör ett viktigt habitat för många andra arter.

Dessvärre minskar utbredningen av ålgräs, liksom de andra tre arter av sjögräs som finns i Europa, på många håll (De los Santos et al. 2019, Figur 1). Ett av de områden som är kraftigt påverkade är Marstrand, norr om Göteborg, där utbredningen har minskat med mer än 90 procent sedan 1980-talet (Moksnes et al. 2018, 2021). I arealer handlar det om 1 000 hektar ålgräs som försvunnit i

området, vilket alltså motsvarar en kostnad på en miljard kronor. Sammanlagt längs Sveriges nordvästra kust har 12 500 hektar ålgräs gått förlorade.

De förväntade effekterna av klimatförändringarna gör att det ser mörkt ut för ålgräset även framledes, särskilt i Östersjön. Enligt regionala klimatmodeller för Östersjön kan salthalten i värsta fall bli så låg att ålgräset försvinner helt från Östersjön (Törnqvist et al. 2019).

Hög genetisk mångfald viktigt

Hög genetisk mångfald hos ålgräs har visat sig vara väldigt viktigt för att arten ska kunna stå emot till exempel värmeböljor (Hughes and Stachowicz 2004, Reusch et al. 2005). Sjögräsängar med hög genetisk mångfald är också mer produktiva och hem för fler arter (Duffy et al. 2022). Det enda sättet att öka den genetiska mångfalden är att öka konnektiviteten, alltså möjligheten för arten att sprida sig mellan olika områden.

Ålgräset kan reproducera sig sexuellt (genom pollinering) men också genom kloning, vilket minskar den genetiska mångfalden inom populationen. Genetiska studier av ålgräspopulationerna i Kattegatt och delar av Skagerrak visar att den sexuella reproduktionen dominerar i området, men i vissa delområden nära kusten förökar sig ålgräset i stor utsträckning genom kloning (Jahnke et al. 2018). Studierna visade också att den genetiska mångfalden i området generellt är hög, i synnerhet i den centrala delen av området där det tidigare funnits stor utbredning av ålgräs. Det betyder att dagens genetiska mångfald avspeglar en historisk utbredning och konnektivitet för ålgräs i området, trots att stora delar av ålgräsängarna i Kattegatt försvann för hundra år sedan.

Studier av konnektivitet för en bättre förvaltning

De genetiska studierna gav också en bild av konnektiviteten mellan sjögräsängar i Kattegatt och Skagerrak. Generellt finns en hög konnektivitet mellan sjögräsängarna i Kattegatt, med undantag av Marstrandsområdet som är mer isolerat (Jahnke et al. 2018). Studien visade också på en lägre konnektivitet vid gränsen mellan Skagerrak och Kattegatt, vilket beror på riktning och intensitet av strömmar i området.

Studierna av ålgräsets genetik i Kattegatt och Skagerrak kompletterades med biofysisk modellering av hur ålgrässkott med mogna frön kan driva med strömmarna i vattnet, och hur detta sammanbinder de sjögräsängar som finns i området. Resultaten samstämde väl med dem för den genetiska analysen; båda metoderna identifierade spridningsbarriärer på samma geografiska platser. Det bekräftar att drivande skott med frön utgör den huvudsakliga spridningsmekanismen för ålgräs.

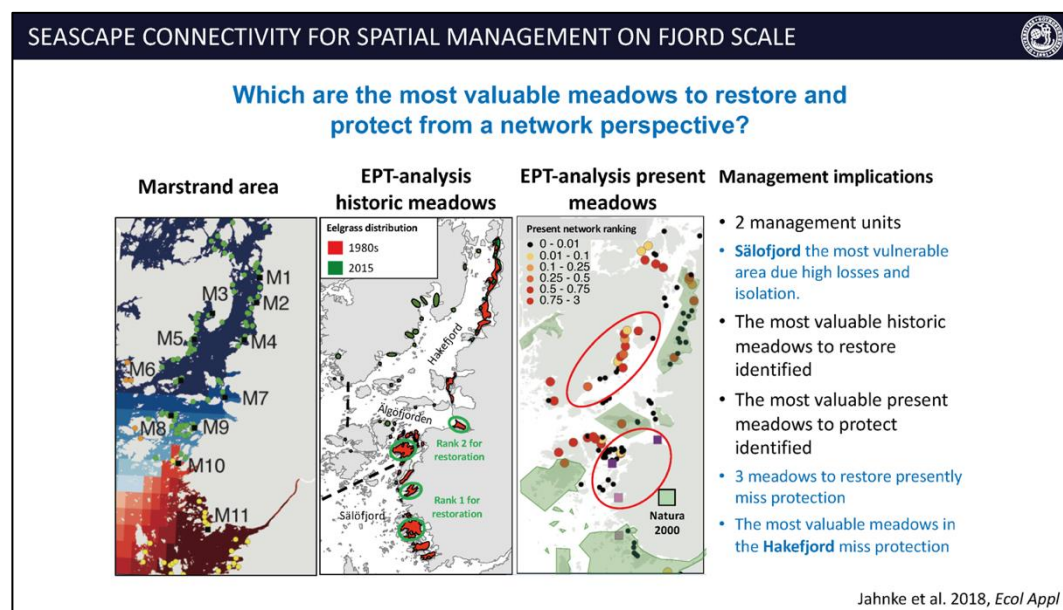
Fem olika sinsemellan isolerade nätverk av ålgräs hittades i det undersökta området och forskarna föreslår att dessa ska användas som förvaltningsenheter.

En praktisk implikation av detta kan vara att man i restaureringsprojekt inte använder material från en annan förvaltningsenhet eftersom bestånden naturligt sett är genetiskt isolerade.

Möjliggör planering av restaurering och marint skydd

Forskarna har också gjort en liknande studie i mindre skala i Marstrands-området och Gullmarsfjords-området (Jahnke et al. 2020). I Marstrandsområdet hittades två genetiskt separata kluster med en stark barriär emellan, vilket också bekräftades av den oceanografiska modelleringen (Figur 2). Dessa kluster visade sig praktiskt nog sammanfalla med de vattenförekomster som finns definierade av förvaltningen idag.

För alla 238 ålgräsängar som funnits historiskt i Marstrandsområdet har forskarna kunnat värdera hur viktiga de varit historiskt ur ett nätverksperspektiv, och hur viktiga de är idag (alternativt om de försvunnit) och kvantifiera hur många andra ängar de är sammanbundna med. Studien visade att Sälöfjorden, där nästan allt ålgräs försvunnit, är både genetiskt och oceanografiskt isolerad, vilket gör området väldigt sårbart för fortsatta förluster och svårt att återkolonisera.



Figur 2. Resultat från genetiska studier och oceanografisk modellering av ålgräs ger underlag för planering av skydd och restaurering.

Genom nätverksanalys kunde de olika ängarnas betydelse för konnektivitet i hela området ur ett oceanografiskt perspektiv värderas. Resultatet gör det möjligt att bedöma vilka av de ålgräsängar som försvunnit som skulle vara av störst betydelse att restaurera från ett nätverksperspektiv, och vilka av de existerande ålgräsängarna som är viktigast att bevara. Vissa av dessa ängar är idag skyddade som Natura 2000-områden, medan andra saknar skydd. Tre av de ängar som

skulle vara viktiga att restaurera ligger utanför Natura 2000-områdena och de mest värdefulla områdena i Hakefjorden saknar också skydd.

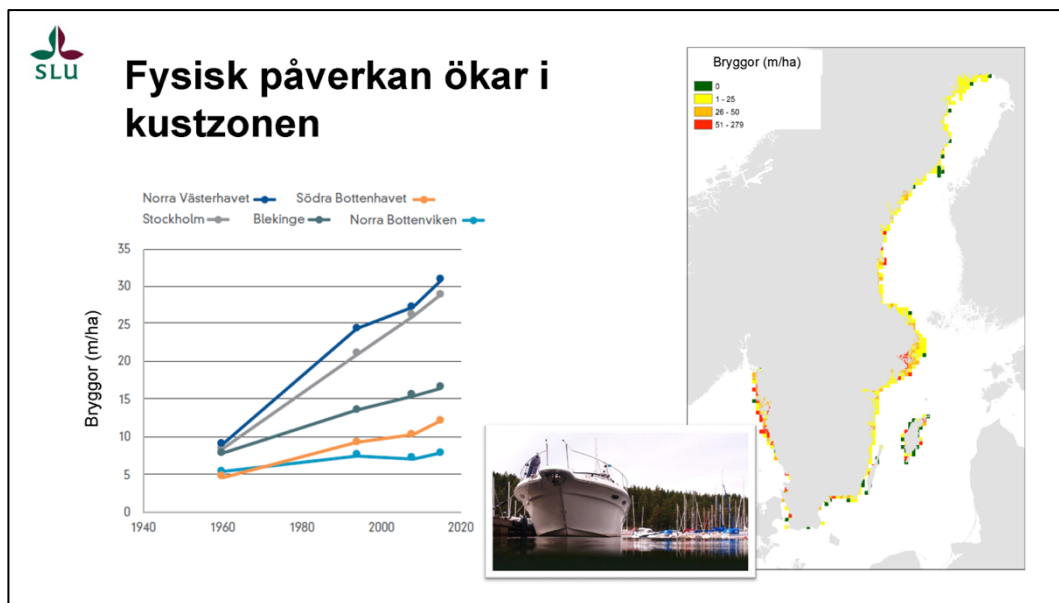
Metoden där populationsgenetisk information kombineras med oceanografisk modellering skulle i framtiden kunna användas för att studera konnektivitet för andra marina arter som sprider sig med havsströmmar. De oceanografiska modeller som finns fungerar bra – utmaningen är att få tillräcklig kunskap om spridningsbiologin hos de olika arterna. Utöver ålgräs har Havs- och vattenmyndigheten nyligen inlett genetisk miljöövervakning av flera arter av fisk och alger som skulle kunna användas i sådana studier.



Genetisk mångfald är viktigt för ålgräsets långsiktiga överlevnad och är avhängigt av att det finns en konnektivitet mellan ängarna. Foto: Sofia Wikström

Ulf Bergström: Ekologisk konnektivitet i svenska kust- och havsområden

Tillgång till uppväxtområden är begränsande för många fiskarter längs den svenska ostkusten. Fysisk störning påverkar vegetation och fiskproduktion och därmed konnektivitet främst i innerskärgården, medan de områden som är skyddade ligger framför allt längre ut i skärgården. Om de placeras på rätt ställen kan en liten ökning av de marina skyddade områdena ha stor betydelse för den totala konnektiviteten.



Figur 3. Utbredningen av bryggor i svenska kustområden.

Längs den svenska ostkusten sprider sig en betydligt större andel av fiskarna genom aktiv migration, jämfört med situationen på västkusten där passiv spridning med strömmar är vanligt. Det är ett argument för att det går att förstå konnektiviteten för många arter på ostkusten även utan avancerad oceanografisk modellering. Ulf Bergström och hans kollegor har därför skapat enklare konnektivitetsmodeller för hela svenska ostkusten för 30 kustlevande arter, genom att kombinera habitatmodeller (artutbredningsmodeller) med information om hur arterna sprider sig (från Berkström et al. 2019). Resultaten presenteras i en nyutkommen rapport (Berkström et al. 2022) och några av resultaten presenteras nedan.

Viktiga områden finns i innerskärgården

Konnektivitet modellerades först för varje art för sig (22 fiskarter och 8 arter habitatbildande vegetation) med en nätverksmodell. Medelvärdet för alla områden och alla arter ger sedan ett mått på den totala konnektiviteten i kustlandskapet för dessa arter. Studien visar att de områden som har hög konnektivitet, och därmed

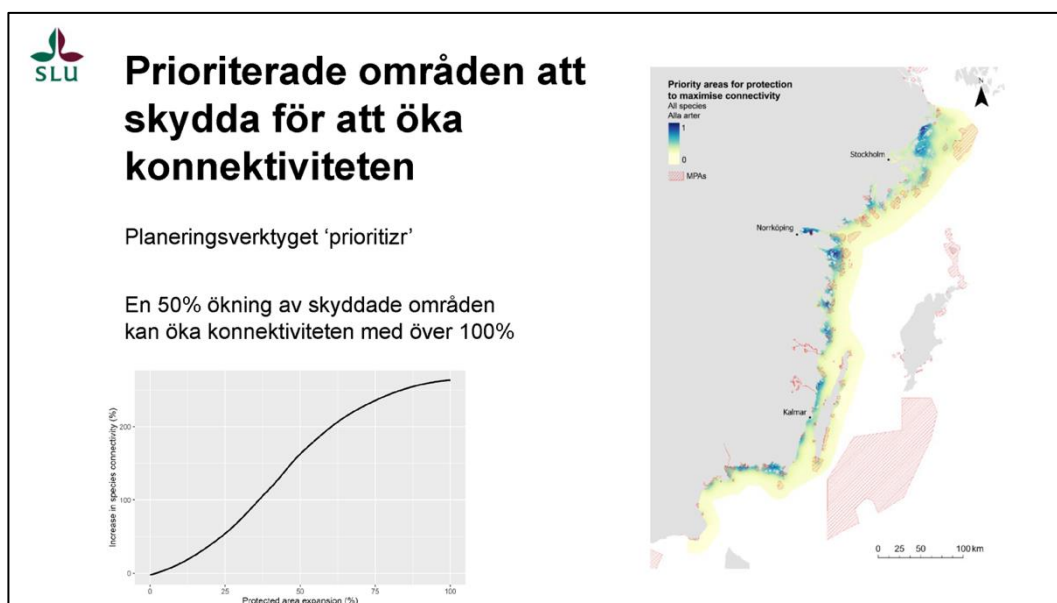
är viktiga för den totala konnektiviteten och biodiversiteten, är belägna i innerskärgården. Det handlar om topografiskt komplexa miljöer, till exempel med många skär och djupa vikar, vilket sammanfaller med de områden där det finns många arter.

De marina områden som idag har ett områdesskydd, till exempel genom Natura 2000, ligger däremot på andra ställen, främst i ytterskärgården. Det avspeglar att ett tidigare fokus för områdesskyddet har varit att skydda ostörda miljöer och de arter som är knutna till ytterskärgården. Men en ytterligare förklaring kan vara att innerskärgården är det område där det är störst konkurrens om utrymmet och det har därför varit lättare att inrätta skyddade områden i ytterskärgården.

Fysisk påverkan ökar och påverkar konnektiviteten

Fysisk påverkan ökar kontinuerligt i kustzonen. Till exempel har utbredningen av bryggor ökat sedan 1960-talet i alla svenska havsområden, men i synnerhet i Stockholmsregionen och västra Götalands län, och det finns inga tecken på att exploateringstakten kommer att avta (Moksnes et al. 2019, Figur 3). Framför allt är det de grunda vegetationsklädda bottenarna som påverkas av bryggor och båttrafik; 20 procent av dessa bottenar är idag negativt påverkade.

Detta påverkar utöver vegetationen i sig till exempel fiskrekryteringen; ju mer och tätare vegetation det finns i ett område desto mer abborr- och gäddyngel finns det också (Hansen et al. 2019). Vidare finns ett starkt samband mellan hur mycket fiskyngel och hur mycket vuxen fisk det finns i ett område, vilket visar att tillgången till rekryteringsområden är begränsande för många fiskarter längs ostkusten (Sundblad et al. 2014).



Figur 4. Prioriterade områden för skydd, om målet är att öka skyddet av områden som är viktiga för att upprätthålla spridningsmöjligheterna för kustfisk och habitatbildande arter.

Törnqvist et al. (2020) har gjort en omfattande kartläggning av fysisk påverkan och tagit fram en rumslig modell över den samlande påverkan på bottenhabitat längs hela svenska kusten. Genom att ta in denna modell i konnektivitetsanalysen går det att utläsa i vilka områden fysisk påverkan riskerar att påverka spridningsmöjligheterna för de undersökta arterna. Det visar sig gälla framför allt i innerskärgården och i områden där det bor många människor – generellt sett mer i centrala Östersjön och mindre i Bottniska viken.

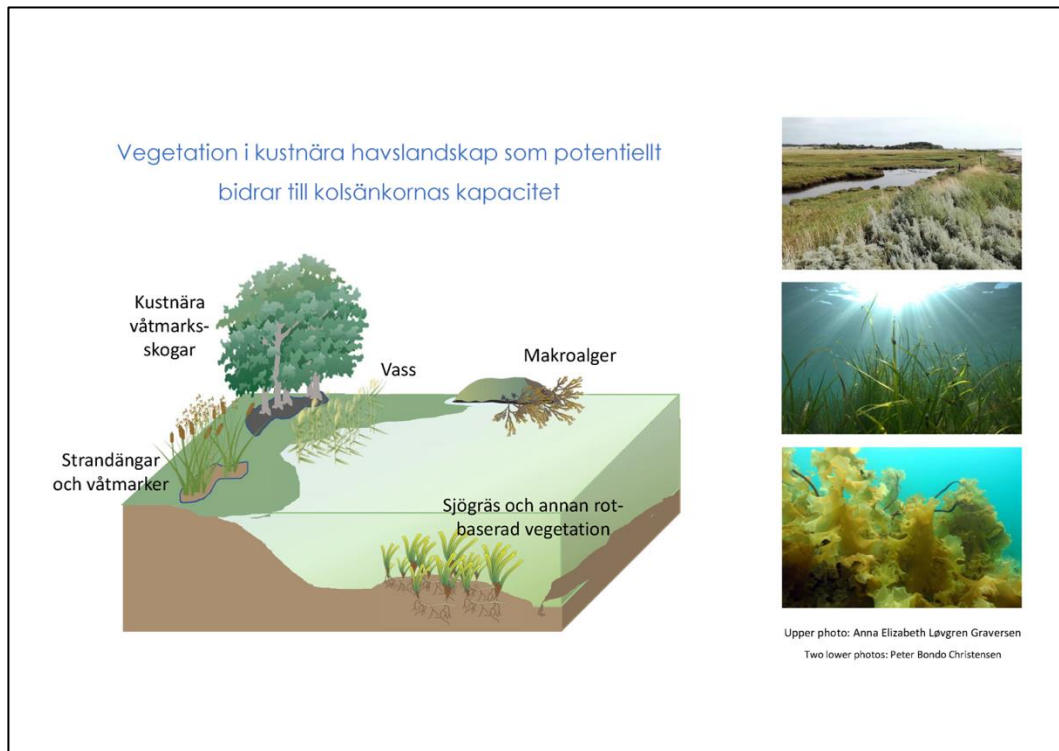
Med hjälp av planeringsverktyget Prioritizr har forskarna också kunnat utvärdera vilka områden som är mest skyddsvärda, om målet är att öka skyddet av de delar av landskapet som är viktiga för att upprätthålla en god konnektivitet (Figur 4). Om rätt områden skyddas kan en 50-procentig ökning av de skyddade områdena öka den genomsnittliga spridningsmöjligheten för de undersökta arterna med över 100 procent.



Tillgången till rekryteringsområden är begränsande för flera fiskarter längs ostkusten, däribland gäddan. Foto: Paulina/Pixabay

Martin Gullström: Hur kan vi förvalta och bevara effektiva kolsänkor längs våra kuster?

I tre stora fleråriga projekt ska Martin Gullström, Södertörns högskola, och hans kollegor undersöka effektiviteten hos naturliga kolsänkor längs våra kuster samt hur dessa områden kan förvaltas och bevaras. En central fråga är vilka landskap – och sammansättningar av landskap – som är mest effektiva när det gäller att ta upp och lagra koldioxid från atmosfären.



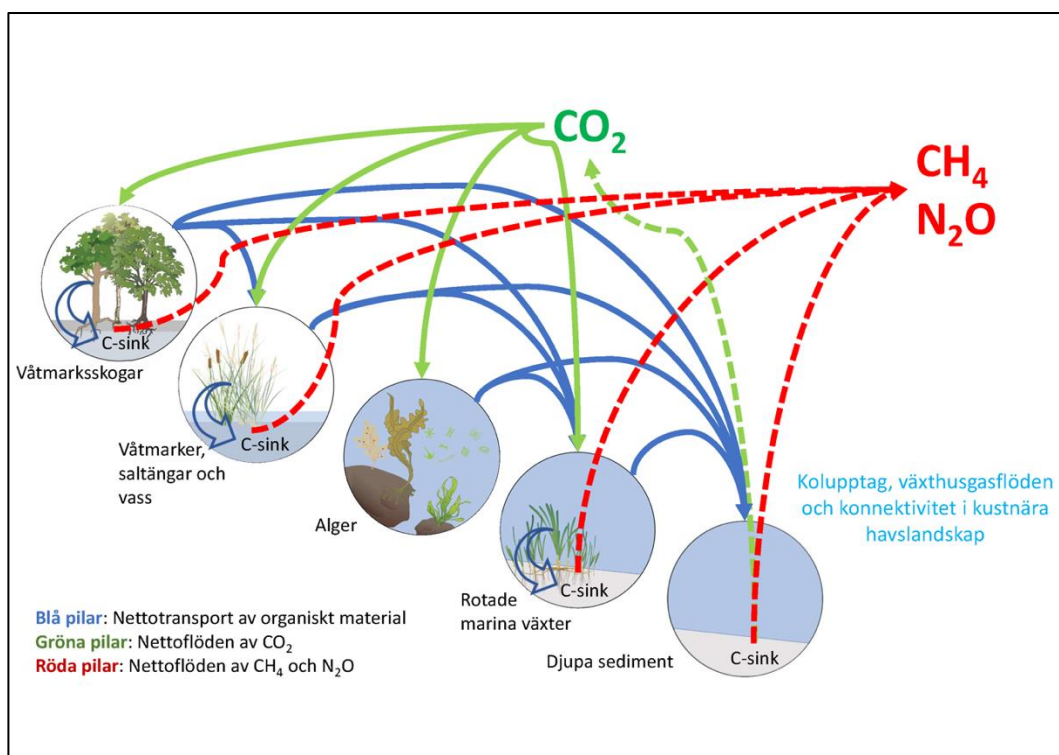
Figur 5. Vegetationshabitat som ingår i studierna.

Koncentrationen av koldioxid i atmosfären har ökat kraftigt sedan industrialiseringen inleddes på grund av förbränning av fossila bränslen och förändrad markanvändning. En stor del av den koldioxid som släppts ut idag har dock tagits upp av ekosystemen på land, längs kusterna och i haven. Kol som tas upp i havet och längs kusterna kallas ofta "blått kol" och kustekosystemen har visat sig vara särskilt effektiva när det gäller att ta upp kol per ytenhet, jämfört med ekosystemen på land (McLeod et al. 2011). Det beror både på att primärproduktion är stor, att kusterna tillförs kol från andra omkringsliggande habitat och att nedbrytningen av organiskt material i sedimenten sker långsamt.

Flera viktiga miljöer för "blått kol"

Några av de viktigaste kushabitaten att undersöka när det gäller blått kol är strandängar och våtmarker, kustnära våtmarksskogar, vass och sjögräs och annan rotbaserad vegetation (Figur 5). Även makroalger som växer på hårda bottnar kan

bidra till kolsänkan när de släpper och transporteras till andra områden där kolet kan lagras in i sedimenten. I alla dessa ekosystem finns ett upptag av kol genom fotosyntesen, men det sker också en transport av kol mellan olika habitat, vilket ännu är dåligt studerat (Figur 6). Transport sker också av växthusgaser; förutom koldioxid även metan och kvävedioxid. Vilken sammansättning som ger bäst ”kolsänkelandskap” – utfall som kolsänka – undersöks nu av forskare vid bland annat Södertörns högskola i tre stora pågående projekt: *Climate change mitigation capacity of Swedish coastal seascapes* (CLIM-COAST 2022-2025), *Climate change mitigation capacity of the Baltic coastal seascape: identification of hotspot environments for coastal blue carbon sequestration and guidance for sustainable management of the Baltic coastal landscapes under global change* (CLIM-SCAPE 2022-2027) och *Climate mitigation services of coastal seascapes* (2020-2023).



Figur 6. Kolupptag, växthusgasflöden och konnektivitet i kustnära havslandskap.

För att förstå och beräkna kolinlagringen tas prover från sedimenten, sedimenten dateras och ackumulationshastigheten undersöks. Forskarna gör också mätningar av växthusgaser, från sediment till vatten och från vatten till luft. Målet är att sedan sätta samman denna kunskap och skala upp de olika miljöerna i det landskap de finns i, med till exempel jordbruk, skogsbruk och städer. Samtidigt skalar man ner de klimatmodeller som finns, så att kolmodellerna och klimatmodellerna möts. Därefter kan man på nytt skala upp resultaten och undersöka utfallet av olika klimatscenarier, till exempel olika temperatur och skillnader i nederbörd.

Intakta miljöer ger större kolinlagring

De resultat som finns hittills på området har visat att kolinlagringen är större i en vågskyddad miljö än i en exponerad. När störningarna är stora kan habitatet förstöras, det uppstår en erosion av kol och växthusgaser släpps ut. I studier av tropiska miljöer har man också kunnat se att när sjögräslandskap är intakta, och andra habitat runt dem också är intakta, finns en större lagring än om landskapet är fragmenterat (Gullström et al. 2018).

Studier av ett område på Madagaskar har också visat att det sker en förändring i kolinlagringen och sammansättningen av kol i sediment hos sjögräsängar om mangroveskogarna innanför dem är förstörda, jämfört med om mangroveskogarna är intakta (Asplund et al. 2021).



Ny forskning ska ge svar på hur mycket kol som kan bindas i olika kustmiljöer.

Foto: Kerstin Riemer/Pixabay

Funktionella sötvattenslandskap

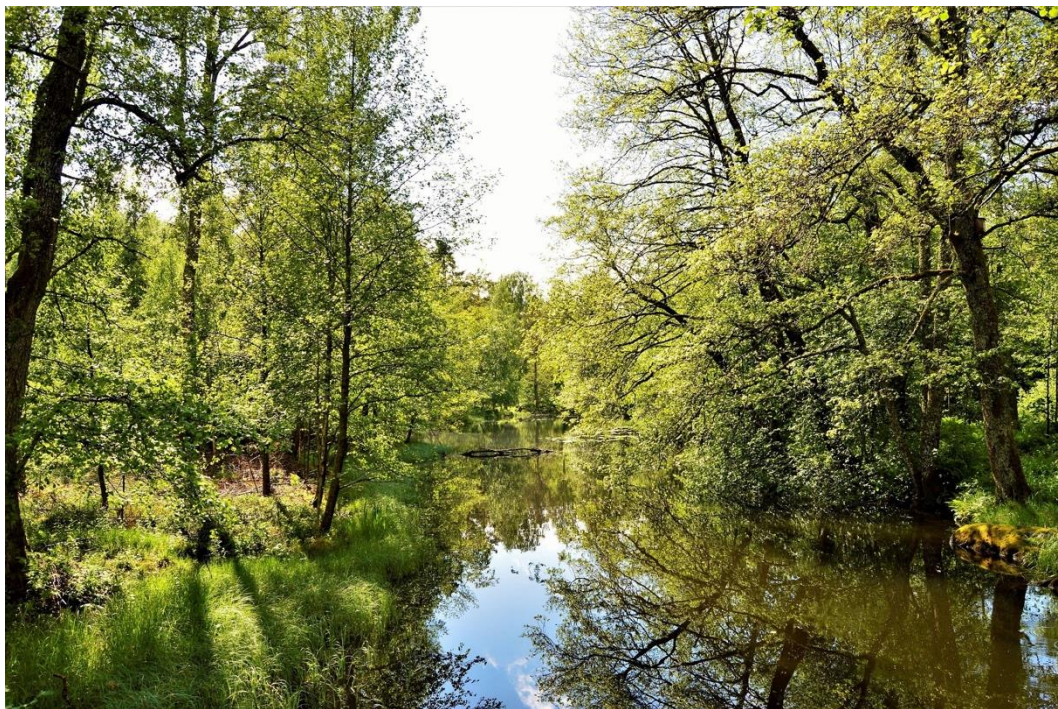


Foto: Jonathan Petersson/Pixabay

Översikt

Sötvattenslandskap inklusive våtmarker är av fundamental betydelse för en stor mängd arter och upprätthåller en lång rad viktiga ekosystemtjänster. Samtidigt har hydrologin i landskapet förändrats fundamentalt genom historien, genom utdikningar, förändring av strömfåror och uppdämning av vattendrag. Det gör att många arter och lokala populationer idag hotas av habitatförlust och vandringshinder. Viktiga ekosystemtjänster har också försämrats, som landskapets förmåga att ta upp och binda näring, att fungera som en naturlig kolsänka och att dämpa höga vattenflöden.

Idag görs mycket arbete för att skapa och återställa sötvattensmiljöer samt för att öppna upp vandringsvägar. Trots det återstår ett omfattande arbete för att nå sötvattenrelaterade miljömål och miljökvalitetsnormer för vatten. EU-kommissionens förslag till restaureringsförordning förväntas dessutom öka kravet på att återställa sötvattensmiljöer. I EU-kommissionens förslag till restaureringsförordning anges t ex att målet om återställning av minst 25 000 km fritt flödande vattendrag, är ett av de viktigaste åtagandena i EU:s strategi för biologisk mångfald för 2030.

Under seminariet presenterades och diskuterades behovet av uppföljningsbara mål och indikatorer som kan användas för att planera åtgärdsarbete i sötvatten och vilken forskning och kunskap som finns för att möta dessa behov.

Mål och indikatorer för funktionella strandzoner

Något som lyftes av flera forskare under seminariet var den stora betydelsen av strandzonen för biologisk mångfald i och i anslutning till sötvattensmiljöer. Strandzonen utgör en viktig ”blå-grön” infrastruktur, som skulle kunna lyftas in som en miljö att fokusera på i arbetet med grön infrastruktur kring sötvatten. Precis som för sötvattensmiljöer generellt så har stora ytor av strandzonen modifierats kraftigt genom både jordbruk, skogsbruk och urbanisering. Restaurering av strandzoner ses därför som en viktig åtgärd för att uppnå en rad miljö- och samhällsmål på landskapsnivå (t ex Lind et al. 2019, Hasselquist et al. 2021).

Brendan Mckie och Lenka Kuglerová gav i sina presentationer exempel på hur strandzonen bäst bör utformas för att gynna biologisk mångfald i jordbruks- och skogslandskap och urbana miljöer och gav förslag på indikatorer och uppföljning för strandzoner vid rinnande vatten (se sammanfattning av presentationerna nedan). En prioriterad fråga är att konkretisera dagens ofta vaga mål till specifika och uppföljningsbara mål. Här kan forskningen bidra genom att ta fram kriterier för vad som utgör en bra skyddszon av en viss typ av biotop, baserat på den forskning som redan finns om kantzoner. Strandzonen är även viktig i våtmarker och Peter Hambäck presenterade pågående forskning för att kunna identifiera motsvarande kriterier för strandzoner i våtmarker och stillastående vatten i jordbrukslandskapet.

Multifunktionalitet och målkonflikter

En viktig sak att tänka på i arbetet med måldefinitioner är att det kan finnas målkonflikter när man försöker gynna olika funktioner i en biotop. Peter Hambäck visade i sin presentation hur anlagda våtmarker är ett bra exempel på sådana målkonflikter. Att anlägga våtmarker lyfts ofta som en åtgärd som kan ge stora synergieffekter genom att samtidigt gynna biologisk mångfald och en rad önskade ekosystemfunktioner. I praktiken visar forskningen att en våtmark som minskar mängden fosfor inte är lika bra på att öka den biologiska mångfalden, medan en våtmark som är tänkt att fungera för både och inte blir bra för någotdera. Det gör att det behövs olika mål för olika våtmarker. Om målet är att gynna biologisk mångfald så är det viktigt att fokusera på detta mål, annars finns risken att ingen av målbilderna uppnås.

I det praktiska arbetet med planering och anläggning av våtmarker är det inte ovanligt att olika intressenter har olika intressen och mål, exempelvis kan det skilja kraftigt mellan markägare och myndigheter. Det är därför viktigt att ha en öppen diskussion om målbilder och i praktiken kan det bli nödvändigt att hitta en kompromiss som alla kan acceptera.

På landskapsnivå går det att arbeta med flera mål samtidigt genom att skifta fokus från enskilda våtmarker till att återskapa ett våtmarkslandskap av närliggande

våtmarker inom ett avrinningsområde (se sammanfattningen under Peter Hambäcks presentation nedan).

Målkonflikter mellan olika funktioner är inte begränsade till anläggning av våtmarker utan blir ofta även aktuella i restaureringsarbete. I strandzoner kan det exempelvis finnas en målkonflikt mellan att maximera skuggning av vattendraget och att gynna en hög tillgång på död ved, eftersom vindfällan och döda stående träd ger mindre skugga än en tät strandskog med intakt lövverk.

Specifika mål behövs

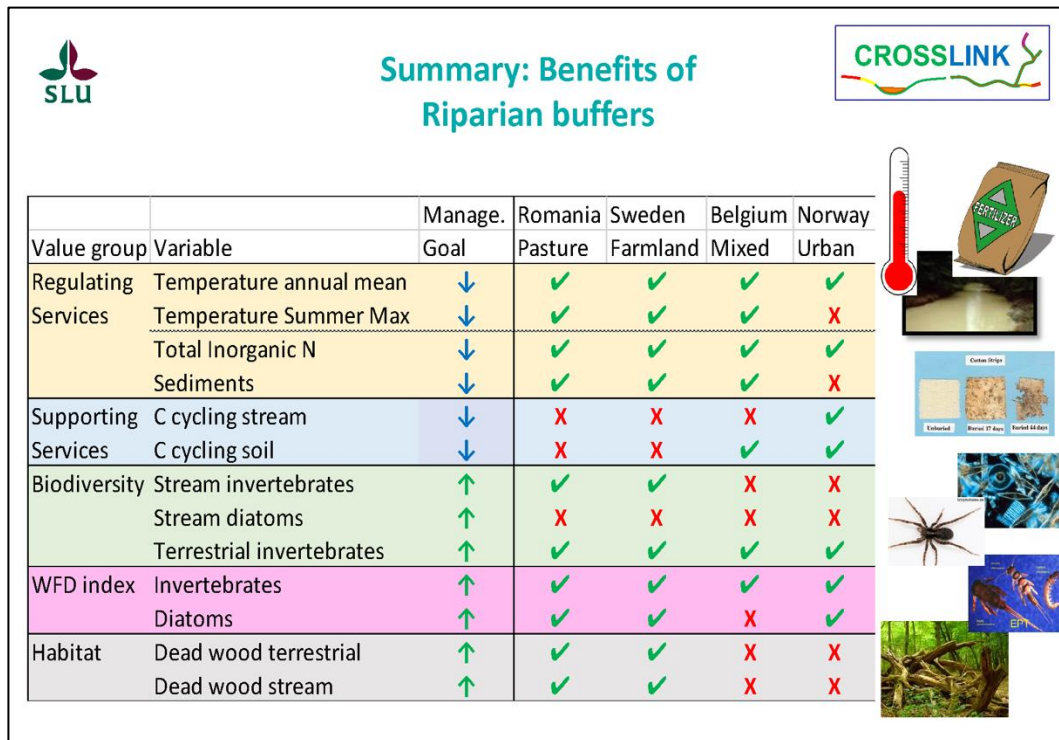
Över lag var deltagarna i seminariet överens om att det finns ett stort behov av att ta fram mer konkreta mål för arbetet med landskapsförvaltning. För att nå dit menade forskarna att olika mål behöver sättas för olika typer av biotoper, så att målen blir tillräckligt specifika för att kunna följas upp. Även för samma typ av biotop kan målen behöva skilja sig mellan geografiska områden. Ibland kan det också vara svårt att hitta generella råd för design av t ex buffertzoner som fungerar överallt. Utvärdering och uppföljning är viktigt för att se till att funktionaliteten anpassas till den specifika platsen så att målet uppfylls.

Det behövs dock en balans mellan generella mål, som kan vara svåra att följa upp, och specifika mål, exempelvis olika mål för enskilda arter. Flera personer tog upp att det oftast är lättare och billigare att följa upp mål för habitategenskaper än för arter. Det finns ofta kunskap om olika strukturer som krävs för att biotoper ska vara funktionella, exempelvis vandringsvägar, stenar och död ved i vattendrag, eller kantzoner med träd, vilka kan kartläggas och övervakas.

Samtidigt kan det vara viktigt att följa upp hur åtgärder påverkar den biologiska mångfalden. I arbetet med återställning av livsmiljöer finns en risk att man utgår från att ”finns habitatet så kommer arterna”. (En *Field of dreams*-tanke: ”If you build it they will come”). I själva verket är det vanligt att återhämtningen av biologisk mångfald tar tid eller uteblir (t ex Nilsson et al. 2015). En anledning till det kan vara att det finns spridningshinder som gör att de arter man hoppas ska etablera sig inte kan ta sig dit. Men det kan också bero på att en småskalig restaurering inte åtgärdar påverkanstryck som verkar på större skala. Lokala åtgärder för att återställa block och död ved i en del av ett vattendrag kan exempelvis inte kompensera för storskaliga problem med föroreningar eller ökad vattentemperatur. Det här gör att funktionen för biologisk mångfald behöver följas upp och utvärderas över tid. Index för artsammansättning eller biologisk mångfald kan vara ett sätt att ta in kunskap om hur landskapet påverkar arterna utan att behöva utforma mål och indikatorer för varje enskild art.

Brendan Mckie: Strandzonen – koppling mellan grön och blå infrastruktur

Forskningsprojektet Crosslink visar att både den lokala utformningen av strandzonen och det omgivande landskapet påverkar biologisk mångfald, ekosystemfunktioner och ekosystemtjänster i rinnande vatten. Med hjälp av resultaten går det att planera för skydd och restaurering av buffertzoner utmed vattendrag i jordbrukslandskap och urbana miljöer.



Figur 7. Effekter av buffertzoner på indikatorer för biologisk mångfald och ekosystemfunktioner i strömmande vatten.

Projektet Crosslink² har studerat avrinningsområden i flera europeiska länder (Sverige, Norge, Belgien och Rumänien) med olika typer av mänsklig användning och resultaten visar att trädklädda buffertzoner bidrar till att upprätthålla biologisk mångfald av vissa organismgrupper (exempelvis ryggradslösa djur i strandzonen och i vattenmiljön) och dessutom bidrar till en rad viktiga ekosystemfunktioner som temperaturreglering och kvarhållande av näring. Men effekten av buffertzonerna varierade mellan de olika undersökta avrinningsområdena (Figur 7).

² Se www.riparianbuffers.com

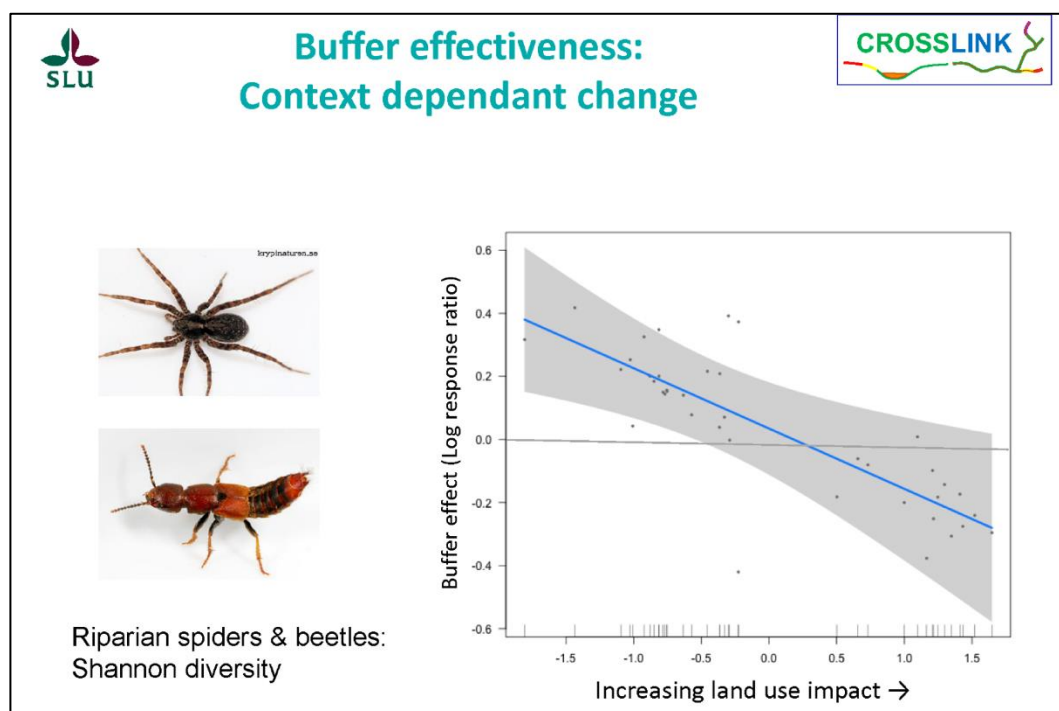
Det omkringliggande landskapets status påverkar

Variationen mellan avrinningsområden kan förklaras av en kombination av lokala och mer storskaliga faktorer. På en lokal skala påverkar exempelvis buffertzonens bredd, tätheten av träd och mängden gamla träd. På en landsskapskala hittade forskarna en koppling mellan den positiva effekten av en buffertzon och graden av mänsklig påverkan: den positiva effekten var störst vid låg eller måttlig påverkan på omgivande landområden (Figur 8).

Resultaten kan hjälpa till att avgöra var i ett avrinningsområde som det är viktigast att restaurera eller skydda skogsklädda strandzoner längs vattendrag och hur stora buffertzonerna behöver vara för att få bäst effekt. Resultaten visar också vilka organismgrupper och vilka ekosystemfunktioner som verkar svara på förekomst av buffertzoner.

Ett verktyg för planering av strandzonsrestaurering

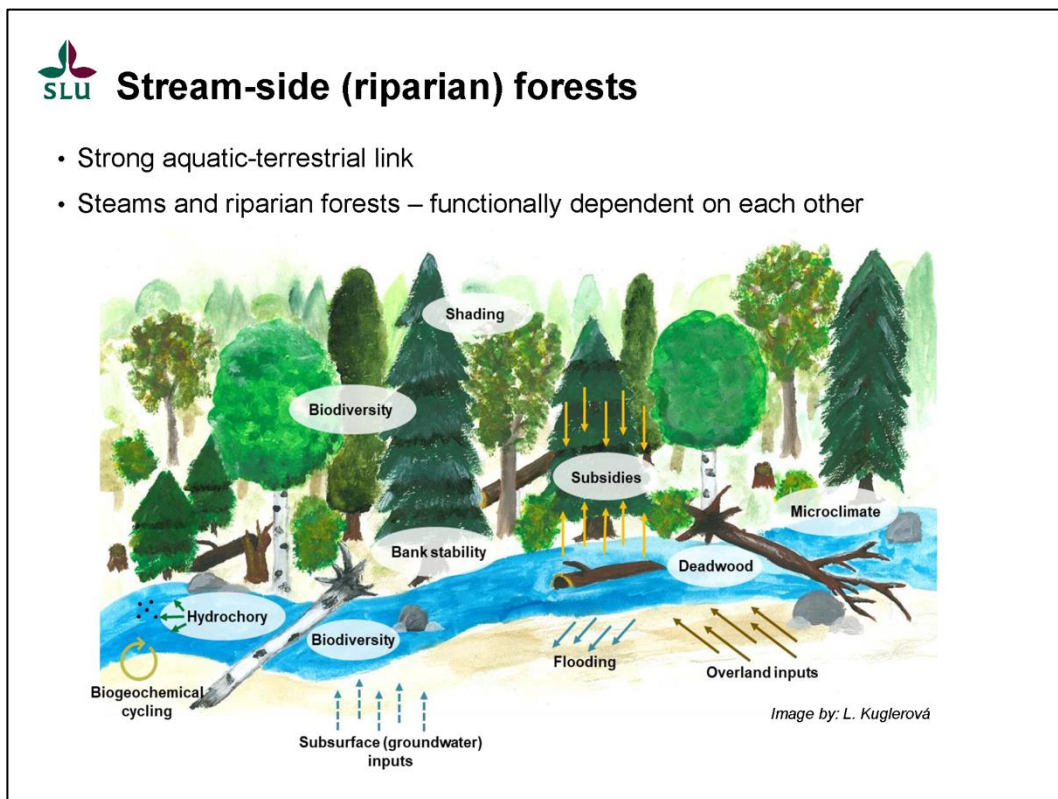
I en av projektets delstudier har forskarna utvecklat en optimeringsalgorithm som kan användas för att ta fram planeringsunderlag för förvaltning av strandzoner på landskapsnivå (Witing 2022). Med hjälp av verktyget går det att identifiera motsättningar mellan olika mål för ett avrinningsområde, exempelvis mellan jordbruksproduktion och restaurering av strandzoner som upprätthåller biologisk mångfald eller viktiga ekosystemfunktioner. Verktyget hjälper också till att hitta områden där det är mest värdefullt att restaurera strandzoner och hur stora områden som behöver restaureras för att nå uppsatta mål för exempelvis biologisk mångfald. Tanken är att verktyget ska kunna användas av intressenter för åtgärdsplanering på landskapsnivå.



Figur 8. Effekten av buffertzonen påverkas av påverkan på omgivande landområden.

Lenka Kuglerová: Indikatorer för funktionella strandzoner i skogsbruket

Att spara buffertzoner vid avverkning är en viktig åtgärd för att minska påverkan från skogsbruket på biologisk mångfald och ekosystemfunktioner i akvatiska miljöer. Ett problem med rådande förvaltning är att målen för buffertzoner är vaga och att det saknas uppföljning av den ekologiska funktionen som uppnås genom åtgärden. Lenka Kuglerová's forskning ger förslag för ett förbättrat skydd av strandzoner i skogslandskapet.



Figur 9. I strandzonen binds skogs- och vattenmiljöerna ihop av en rad processer, som gör att miljöerna påverkar varandra.

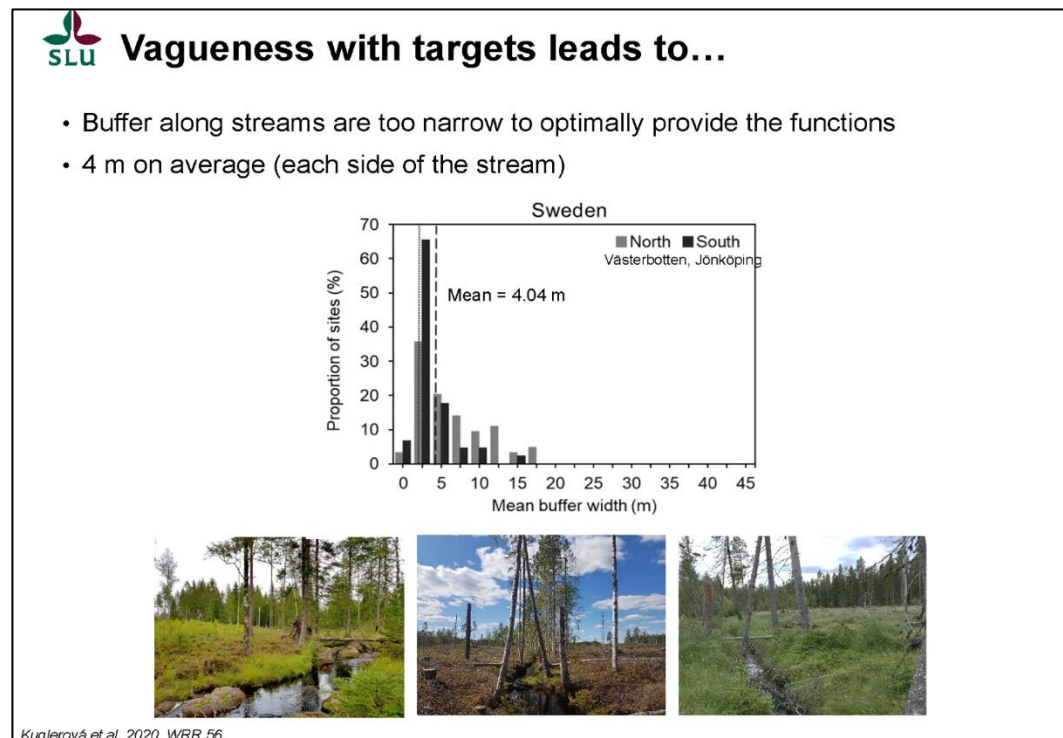
Skogen och vattenlandskapet påverkar varandra genom en rad processer (Figur 9), vilket gör att förändringar i det ena ekosystemet har stor inverkan på det andra. Genom att spara strandskogen i en buffertzon utmed vattendrag kan påverkan från skogsbruket på vattenmiljön dämpas. Strandzonen kan därför betraktas som en viktig blå-grön infrastruktur som också får effekt på landskapsnivå, eftersom vattendragen binder ihop landskapen.

Lagkrav att spara buffertzon

Sedan 1993 säger skogsvårdslagen att skogsbruket ska bevara buffertzoner kring vattendrag. Att lagkravet tillkom först då, gör att mycket av dagens strandskogar består av träd som planterats efter kalhuggning fram till det tidiga 90-talet. Dessa skogsplantager är med få undantag grandominerade, tätt planterade monokulturer med väldigt lite död ved (Hasselquist et al. 2021).

Skogsstyrelsen har satt upp målbilder för buffertzonerna med sex definierade ekologiska funktioner som ska upprätthållas av en fungerande strandskog (Andersson et al. 2013): (1) bevara viktiga biokemiska processer i jorden, såsom denitrifikation och näringsupptag; (2) filtrera sedimenttransporter från land och stabilisera stranden för att undvika erosion; (3) bidra med mat till akvatiska organismer, genom att löv och insekter faller i vattnet; (4) bidra med skugga och på så vis reglera vattentemperaturen; (5) bidra med död ved; och (6) bevara den biologiska mångfalden.

Problemet med dessa målbilder är att de är så vagt formulerade att de är svåra att omsätta i praktiska indikatorer och svåra att följa upp. Resultatet av de vaga formuleringarna har blivit att skogsbruket generellt lämnar extremt smala buffertzoner, som ofta endast är fyra meter breda och består av en enda rad av granar, vilket inte alls är tillräckligt för att upprätthålla ekologiska funktioner (Kuglerová et al. 2020, Chellaiah and Kuglerová 2021; Figur 10). Granraderna blåser lätt ned eftersom de är för smala, och eftersom gran inte är anpassad för att kunna stå kvar i kraftig bläst över öppna landskap, vilket skapar stora rotvältor som leder till erosion och grumling av vattnet. För att få en flerskiktad och varierad strandskog är det vanligt att plockhugga alla granar som står i buffertzonen, vilket gör att nästan hela buffertzonen avverkas.

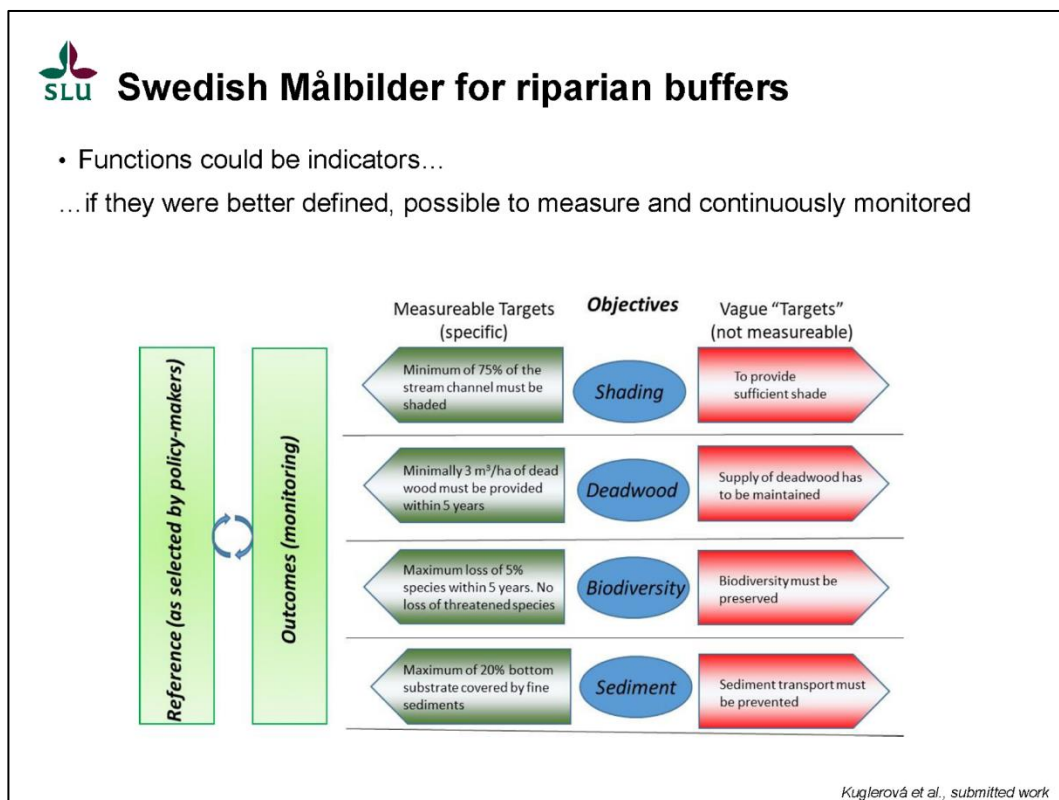


Figur 10. Dagens vaga mål leder buffertzoner som är för smala för att upprätthålla de önskade funktionerna.

Utforma fungerande indikatorer

De uppställda ekologiska funktionerna skulle kunna omvandlas till uppföljbara mål om de gjordes mer konkreta (Figur 11). Det skulle exempelvis gå att ange hur stor del av strömfåran som ska vara skuggad, hur mycket död ved som buffertzonen ska bidra med och hur stor andel av den biologiska mångfalden som ska finnas kvar efter en avverkning (Kuglerová et al., submitted work).

När det gäller indikatorer är det generellt lättare att mäta habitatkvalitet än artsamhällen. Fungerande indikatorer skulle därför kunna vara förekomst av död ved (antal döda träd), antal lövträd, trädthet och mikroklimat. Det går också att tänka sig ”anti-indikatorer” som indikerar försämrad funktion, t ex antalet rotvältor.



Figur 11. Exempel på hur skogsbrukets mål för buffertzoner skulle kunna göras mer konkreta och uppföljningsbara. De vänstra (grönmarkerade) målen ska ses som illustrativa exempel på mätbara mål, det skulle behövas en genomgång av tillgänglig forskning för att sätta exakta målnivåer.

En absolut förutsättning för en bättre förvaltning av kantzoner i skogsbruket är att de följs upp systematiskt med meningsfulla indikatorer. Idag sker ingen systematisk övervakning av hur buffertzoner urformas eller om de blir ekologiskt funktionella (Kuglerová et al., submitted work). Skogsindustrin noterar bara om buffertzoner sparas enligt plan och Skogsstyrelsen övervakar hur ofta buffertzoner sparas, inte vilket resultatet blir för biologisk mångfald eller ekosystemfunktioner.

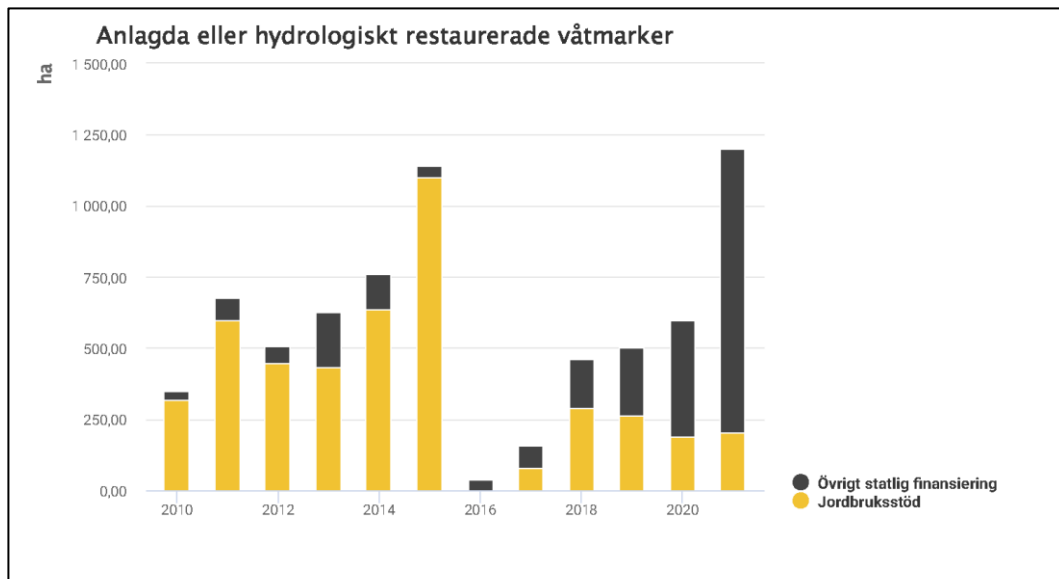
Skogsstyrelsens uppföljning är nedslående, så mycket som en tredjedel av strandlinjerna i avverkad skog saknade buffertzoner med kvarlämnade träd (Skogsstyrelsen 2022). Till det kommer att vi inte vet om de buffertzoner som sparas får önskad funktion. Biologisk mångfald och ekosystemfunktioner i buffertzonen undersöks bara i mycket liten skala inom forskningsprojekt, vilket gör att vi inte har underlag för att utvärdera hur den blå-gröna infrastrukturen tas om hand i skogslandskapet.



Vid avverkning av skog ska buffertzoner kring vattendrag bevaras, men ofta bevaras bara några enskilda träd. Foto: Lenka Kuglerová

Peter Hambäck: Funktionalitet i naturliga och anlagda våtmarker i jordbrukslandskap

Våtmarker kan upprätthålla en lång rad viktiga ekosystemfunktioner, men de olika funktionerna kan stå i motsättning till varandra i en specifik våtmark. En lösning kan vara att skapa ett landskap av våtmarker som upprätthåller olika funktioner. När våtmarker anläggs för att gynna biologisk mångfald är det generellt viktigt att få vattnet att röra sig långsamt genom landskapet och att det finns en flack, översvämningsspåverkad strandzon.



Figur 12. Areal våtmarker som är anlagda eller hydrologiskt restaurerade med statliga medel. Källa: Naturvårdsverket³

Efter att arealen av våtmarker reducerats kraftigt under historisk tid, genom utdikningar för att vinna jordbruksmark och produktiv skogsmark, sker nu ett omfattande arbete med att anlägga våtmarker för att ersätta viktiga funktioner som gått förlorade. I framförallt södra Sverige har många våtmarker anlagts, i de flesta fall med syfte att fånga upp näring eller för att gynna biologisk mångfald (Figur 12).

På senare år har även kolinlagring och vattenhållande förmåga kommit upp som ytterligare skäl till att anlägga eller restaurera våtmarker, och i många sammanhang lyfts våtmarker som "nature-based solutions" (naturbaserade lösningar) för en rad viktiga funktioner och ekosystemtjänster.

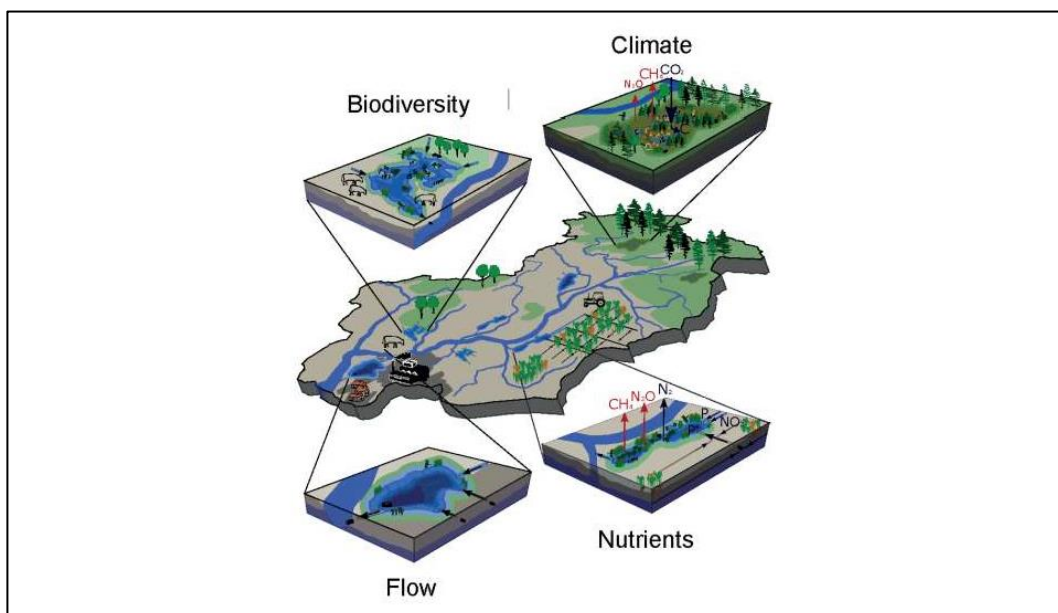
³ <https://www.sverigesmiljomal.se/miljomalen/myllrande-vatmarker/anlagda-eller-hydrologiskt-restaurerade-vatmarker/>

Synergier eller trade-offs mellan funktionerna

En utmaning är att det finns både trade-offs och synergier mellan våtmarkernas olika funktioner och de ekosystemtjänster de ger (Hambäck et al. 2022). En våtmark som optimeras för att ge en viss ekosystemtjänst, exempelvis genom placering eller utformning, kan vara sämre på att ge andra ekosystemtjänster. De olika funktionerna påverkar varandra och några av funktionerna kan helt eller delvis stå i vägen för varandra.

I en nypublicerad studie (Hambäck et al. 2022) har Peter Hambäck och hans kollegor sammanställt kunskapen om synergieffekter och trade-offs mellan att gynna biodiversitet, vattenflöden, klimat, näringsupptag och rekreation i anlagda våtmarker. De visar att det exempelvis kan finnas en motsättning mellan att gynna upptag av växthusgaser och biologisk mångfald, eftersom strandzonen som har stor betydelse för biologisk mångfald kan vara en källa till växthusgaser. Det kan också finnas en motsättning mellan att gynna olika organismgrupper, om de har en negativ effekt på varandra.

Forskarnas slutsats är att det behövs ett landskapsperspektiv för att uppnå multifunktionella våtmarker. Genom att skifta fokus från enskilda våtmarker till att återskapa ett våtmarkslandskap av närliggande våtmarker med olika funktioner inom ett avrinningsområde så kan man på ett bättre sätt optimera de önskade samhälls- och miljömålen (Figur 13).



Figur 13. Genom att optimera olika våtmarker i ett landskap för olika funktioner går det att uppnå många olika mål om funktionalitet inom ett avrinningsområde.

Hur gynnas mångfalden av anlagda våtmarker?

När det gäller våtmarkers funktionalitet för biologisk mångfald pågår forskning om hur väl anlagda våtmarker kan ersätta tidigare torrlagda våtmarker för våtmarksberoende arter, vilken typ av skötsel som gynnar olika arter och hur anlagda våtmarker påverkar mångfalden i det omgivande jordbrukslandskapet.

Vi vet redan att buffertzonen, dynamiken i övergångszonen mellan vatten och land, är mycket viktig för den biologiska mångfalden. Landdjur som lever på våtmarkens organismer kopplar ihop födovävarna mellan vatten och land. Eftersom våtmarkerna generellt har en hög produktion av bytesdjur så är rolevande skalbaggar, flugor och spindlar vanliga kring våtmarker, liksom andra djur som lever på insekter och andra smådjur, såsom fladdermöss och flera fågelarter. Däremot behövs mer kunskap om hur strandzonen ska konstrueras och skötas för att bäst gynna biologisk mångfald, vilket behövs för att utforma indikatorer och bevarandeplaner.

Förstå och förklara våtmarkernas dynamik

I forskningsnätverket BioWetland⁴ studeras hundra anlagda våtmarker i Uppland och i södra Halland, med olika typer av skötsel, för att undersöka hur våtmarkernas morfologi och skötsel påverkar vegetationsstruktur, djursamhällen, buffringskapacitet vid översvämningar och upptag/utsläpp av växthusgaser. I projektet ingår även studier av återhämtning efter att våtmarkens vattenståndsdynamik manipulerats för att simulera en extrem torka.

Målet är att hitta vad som är mest fördelaktigt för olika arter, och vad som ska räknas som en naturlig vattenståndsdynamik i en anlagd våtmark.

Indikatorer på fungerande mångfald i våtmarker

Uppföljningsbara mål för multifunktionell grön infrastruktur i våtmarker går inte att sätta med dagens kunskapsläge, eftersom man inte vet vad som är en naturlig dynamik i de skilda typerna av våtmarker och eftersom vattendynamiken varierar över tid.

Peter Hambäck föreslår dock två möjliga generella mål som gynnar bevarande av biologisk mångfald i våtmarkerna. En faktor som generellt är gynnsam för biologisk mångfald är att vattnets genomflöde genom landskapet saktas ned. Vattnets genomflödes hastighet i landskapet skulle därför kunna användas som en generell indikator på ett funktionellt våtmarkslandskap. En annan gynnsam faktor är förekomsten av en flack, översvämningsspåverkad strandzon. En negativ indikator kan således vara andelen stränder i ett våtmarkslandskap som försvunnit genom kanalisering.

⁴ www.biowetland.se

Sammanfattning

Sammantaget kunde forskarna som medverkade i kunskapsseminariet inte presentera några färdiga svar på vad som karaktäriserar funktionell grön infrastruktur i hav, sötvatten och våtmarker, det vill säga havs- eller sötvattenslandskap med *tillräcklig kvalitet och storlek* på livsmiljöer och *tillräckligt goda spridningsmöjligheter* i landskapet för att kunna upprätthålla biologisk mångfald. Därmed finns det inte heller färdiga indikatorer för att mäta och följa upp en funktionell grön infrastruktur. Däremot presenterades och diskuterades flera möjliga spår för att på sikt utveckla landskapsindikatorer och på andra sätt möjliggöra en förvaltning av grön infrastruktur.

För havsmiljön skulle ett första steg kunna vara att ta fram indikatorer och mål för arter vars utbredning minskat kraftigt och arter som hotas av brist på lämpliga livsmiljöer och fragmentering. En sådan art är *ålgräs i Västerhavet*, för vilken en landskapsindikator håller på att utvecklas och testas av forskare vid Göteborgs universitet. I Östersjön kan det vara viktigt med landskapsförvaltning av *habitat för kustlevande fisk*, som dels är relativt stationära och dels kan vara beroende av öppna vandringsvägar till kustnära våtmarker och vattendrag. Det är troligen möjligt att ta fram nätverksindikatorer för dessa arter baserat på de presenterade studierna (Berkström et al. 2019 och 2022) av konnektivitet och befintliga data på både utbredning av viktiga fiskhabitat och populationsuppskattningar i olika kustområden. På motsvarande sätt finns forskningsdata som skulle göra det möjligt att hitta landskapsindikatorer för kustlevande fisk i Västerhavet. Parallellt med detta arbete finns ett stort behov av att öka kunskapen om utbredningen av arter och habitat i havet och att ta fram kartunderlag som kan användas för rumslig planering.

För rinnande vatten handlade en stor del av presentationer och diskussion om strandzoner vid rinnande vatten, sjöar och våtmarker, vilka både är viktiga för vattenlandskapet och omgivande landskap. För dessa miljöer finns ny forskning från Sveriges lantbruksuniversitet som både pekar på behovet av mer konkreta indikatorer och som kan användas för att ta fram sådana indikatorer. Det gäller både indikatorer på strandzonens funktion på lokal skala (t ex strandzonens bredd, trädtäckning och mängden död ved) och indikatorer på landskapsskala (exempelvis det omgivande landskapets karaktär och placeringen i ett avrinningsområde).

För våtmarker ger pågående forskning inom nätverket BioWetland underlag för att förstå vad som styr biologisk mångfald och andra ekosystemtjänster i våtmarkslandskap. Indikatorer för alla tänkbara funktioner hos våtmarker går inte att ta fram med dagens kunskapsläge, med förslag finns på två indikatorer för utformning som gynnar biologisk mångfald.

Deltagarförteckning

Följande personer deltog i kunskapsseminariet ”Funktionell grön infrastruktur i hav, sötvatten och våtmarker” och har bidragit till rapporten genom presentationer och diskussioner under workshopen. Flera personer har också givit ett värdefullt bidrag till rapporten genom att läsa och komplettera rapporttexten.

Alejandro Ruete, Greensway

Anna Christiernsson, Stockholms universitet

Anton Lindberg, Calluna

Brendan Mckie, Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Christina Halling, ArtDatabanken

Christina Lindhagen, Havs- och vattenmyndigheten

Edith Lalander Malmsten, Stockholms universitet

Ellen Bruno, Stockholms universitet

Gudrun Berlin, Länsstyrelsen i Skåne

Helena Rygne, Länsstyrelsen i Örebro

Ingemar Andersson, Havs- och vattenmyndigheten

Jan Schmidtbauer-Crona, Havs- och vattenmyndigheten

Jenny Rosen, Stockholms universitet

Johan Niss, Länsstyrelsen Skåne

Lenka Kuglerova, Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Lisa Bergqvist, Stockholms universitet

Marlene Jahnke, Göteborgs universitet

Martin Gullström, Södertörns högskola

Peter Hambäck, Stockholms universitet

Petter Tibblin, Linnéuniversitetet

Sara Braun, Södertörns högskola

Sofia Wikström, Stockholms universitet

Ulf Bergström, Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Urban Gunnarsson, Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

Referenser

Andersson, E, Andersson, M, Birkne, Y, Claesson, S, Forsberg, O, & Lundh, G 2013. Målbilder kantzön mot våtmarker. Målbilder för god miljöhänsyn.

Retrieved from <https://www.skogsstyrelsen.se/mer-om-skog/malbilder-for-god-miljohansyn/>

Asplund, ME, Dahl, M, Ismail, RO *et al.* 2021. Dynamics and fate of blue carbon in a mangrove–seagrass seascape: influence of landscape configuration and land-use change. *Landscape Ecol* **36**, 1489–1509. <https://doi.org/10.1007/s10980-021-01216-8>

Berkström, C, Wennerström, L och Bergström, U 2019. Ekologisk konnektivitet i svenska kust- och havsområden - en kunskapssammanställning. Aqua reports 2019:15. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser, Öregrund Drottningholm Lysekil. 65.

Berkström, C, Sacre, E och Bergström, U 2022. Ecological connectivity in marine protected areas in Swedish Baltic coastal waters - A coherence assessment. Aqua reports 2022:11. Swedish University of Agricultural Sciences, (SLU), Department of Aquatic Resources.

Chellaiah, D, & Kuglerová, L 2021. Are riparian buffers surrounding forestry-impacted streams sufficient to meet key ecological objectives? A Swedish case study. *Forest Ecology and Management*, 499. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119591>

de Los Santos, CB, Krause-Jensen, D, Alcoverro, T, Marbà, N, Duarte, CM, Van Katwijk, MM, ... & Santos, R (2019). Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature communications* 10, 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11340-4>

Duffy, J, Emmett, Stachowicz, JJ, Reynolds, PL, Hovel, KA, Jahnke, M, Sotka, EE, Boström, C *et al.* 2022. A Pleistocene Legacy Structures Variation in Modern Seagrass Ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 119: e2121425119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2121425119>.

Gullström, M, Lyimo, LD, Dahl, M *et al.* 2018. Blue Carbon Storage in Tropical Seagrass Meadows Relates to Carbonate Stock Dynamics, Plant–Sediment Processes, and Landscape Context: Insights from the Western Indian Ocean. *Ecosystems* 21, 551–566. <https://doi.org/10.1007/s10021-017-0170-8>

Hambäck PA, Dawson, L, Geranmayeh, P, Jarsjö, J, Kačergytė, I, Peacock, M, Collentine, D, Destouni, G, Futter, M, Hugelius, G, Hedman, S, Jonsson, S, Klatt, BK, Lindström, A, Nilsson, JE, Pärt, T, Schneider, LD, Strand, JA, Urrutia-Cordero, P, Åhlén, D, Åhlén, I, Blicharska M 2023. Tradeoffs and synergies in

wetland multifunctionality: A scaling issue. *Science of The Total Environment* 862: 160746. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.160746>.

Hansen, JP, Sundblad, G, Bergström, U, Austin, ÅN, Donadi, S, Eriksson, BK and Eklöf, JS 2019. Recreational Boating Degrades Vegetation Important for Fish Recruitment. *Ambio* 48: 539–55. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1088-x>

Hasselquist, EM, Kuglerová, L, Sjögren, J, Hjalten, J, Ring, E, Sponseller, RA, ... Laudon, H 2021. Moving towards multi-layered, mixed-species forests in riparian buffers will enhance their long-term function in boreal landscapes. *Forest Ecology and Management* 493, 119254. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119254>

Hogfors, H, Fyhr, FG och Nyström Sandman A 2020. Mosaic – verktyg för ekosystembaserad rumslig förvaltning av marina naturvärden. Havs- och vattenmyndigheten Rapport 2020:13.

Hughes, AR and Stachowicz, JJ 2004. Genetic Diversity Enhances the Resistance of a Seagrass Ecosystem to Disturbance. *Proceedings of the National Academy for Sciences* 101: 8998–9002. <https://doi.org/10.1073/pnas.0402642101>

Jahnke, M, Jonsson, PR, Moksnes, P-O, Loo, L-O, Jacobi, MN and Olsen, JL 2018. Seascape genetics and biophysical connectivity modelling support conservation of the seagrass *Zostera marina* in the Skagerrak–Kattegat region of the eastern North Sea. *Evolutionary Applications* 11:645-661. <https://doi.org/10.1111/eva.12589>

Jahnke, M, Moksnes, P-O, Olsen, JL, Serra, N, Nilsson Jacobi, M, Kuusemäe, K, Corell, H and Jonsson, PR 2020. Integrating genetics, biophysical, and demographic insights identifies critical sites for seagrass conservation. *Ecological Applications* 30(6):e02121. <https://doi.org/10.1002/eap.2121>

Jonsson, PR, Hammar, L, Wåhlström, I, Pålsson J, Hume, D, Almroth-Rosell, E and Mattsson, M 2021. Combining seascape connectivity with cumulative impact assessment in support of ecosystem-based marine spatial planning. *J Appl Ecol*. 58: 576– 586. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13813>

Kuglerová, L, Jyväsjärvi, J, Ruffing, C, Muotka, T, Jonsson, A, Andersson, E, Richardson, JS 2020. Cutting Edge: A comparison of contemporary practices of riparian buffer retention around small streams in Canada, Finland, and Sweden. *Water Resource Research* 56. <https://doi.org/10.1029/2019WR026381>

Lind, L, Maher, E, & Laudon, H 2019. Towards ecologically functional riparian zones: A meta-analysis to develop guidelines for protecting ecosystem functions and biodiversity in agricultural landscapes. *Journal of Environmental Management*, 249, 109391. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109391>

McLeod, E, Chmura, GL, Bouillon, S, Salm, R, Björk, M, Duarte, CM, Lovelock, CE, Schlesinger, WH and Silliman, BR 2011. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9: 552-560.

<https://doi.org/10.1890/110004>

Moksnes, PO, Eriander, L, Infantes, E och Holmer M 2018. Local Regime Shifts Prevent Natural Recovery and Restoration of Lost Eelgrass Beds Along the Swedish West Coast. *Estuaries and Coasts* 41, 1712–1731.

<https://doi.org/10.1007/s12237-018-0382-y>

Moksnes, PO, Röhr, M., Holmer, M, Eklöf, JS, Eriander, L, Infantes, E, and Boström, C 2021. Major impacts and societal costs of seagrass loss on sediment carbon and nitrogen stocks. *Ecosphere* 12(7):e03658.

<https://doi.org/10.1002/ecs2.3658>

Nilsson, C., Polvi, L. E., Gardeström, J., Hasselquist, E. M., Lind, L., & Sarneel, J. M. 2015. Riparian and in-stream restoration of boreal streams and rivers: success or failure? *Ecohydrology*, 8, 753–764. <https://doi.org/10.1002/eco.1480>

Nyström Sandman, A, Christiarnsson, A, Gidhagen-Fyhr, F, Lindegärth, M, Kraufvelin, P, Bergström, P, Nilsson, P, Fredriksson, R, Bergström, U och Hogfors, H 2020. Grön infrastruktur i havet – landskapsperspektiv i förvaltningen av marina områden. Naturvårdsverket Rapport 6930.

Perry, D, Staveley, TAB, and Gullström, M 2018a. Habitat connectivity of fish in temperate shallow-water seascapes. *Front. Mar. Sci.* 4, 440.

<https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00440>

Perry, D, Staveley, TAB, Hammar, L, Meyers, A, Lindborg, R, and Gullström, M 2018b. Temperate fish community variation over seasons in relation to large-scale geographic seascape variables. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 75, 1723-1732.

<https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0032>

Reusch, TB, Ehlers, A, Hämmerli, A, & Worm, B 2005. Ecosystem recovery after climatic extremes enhanced by genotypic diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102: 2826-2831. <https://doi.org/10.1073/pnas.0500008102>

Skogsstyrelsen 2022. En tredjedel av vattnen i skogen saknade kantzoner. Pressmeddelande 8 december 2022, <https://www.skogsstyrelsen.se/nyhetslista/en-tredjedel-av-vattnen-i-skogen-saknade-kantzoner/>

Staveley, TAB, Perry, D, Lindborg, R and Gullström, M 2017. Seascape structure and complexity influence temperate seagrass fish assemblage composition. *Ecography* 40: 936-946. <https://doi.org/10.1111/ecog.02745>

- Staveley, TAB, Jacoby, DMP, Perry, D, van der Meijs, F, Lagenfelt, I, Cremle, M, and Gullström, M 2019. Sea surface temperature dictates movement and connectivity of Atlantic cod in a coastal fjord system. *Ecol. Evol.* 9, 9076-9086. <https://doi.org/10.1002/ece3.5453>
- Staveley, TA, Hernvall, P, Stjärnkvist, N, van der Meijs, F, Wikström, SA and Gullström, M 2020. Exploring seagrass fish assemblages in relation to the habitat patch mosaic in the brackish Baltic Sea. *Mar. Biodivers.* 50 1. <https://doi.org/10.1007/s12526-019-01025-y>
- Sundblad, G, Bergström, U, Sandström, A and Eklöv P 2014. Nursery Habitat Availability Limits Adult Stock Sizes of Predatory Coastal Fish. *ICES Journal of Marine Science* 71: 672–80. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst056>
- Törnqvist, O, Jonsson, PR & Hume, D 2019. Climate refugia in the Baltic sea. Modelling future important habitats by using climate projections. Pan Baltic Scope report, Uppsala & Gothenburg.
- Törnqvist O, Klein J, Vidisson B, Häljestig S, Katif S, Nazerian S, Rosengren, R och Giljam, C 2020. Fysisk störning i grunda havsområden – Kartläggning och analys av potentiell påverkanszon samt regional och nationell statistik angående störda områden. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2020:12, 126 sidor (exklusive appendix).
- Witing, MAEF, Burdon, F, Mckie, B, Goethals, P, Strauch, M, Volk, M 2022. Riparian reforestation on the landscape scale – Navigating trade-offs among agricultural production, ecosystem functioning and biodiversity. *Journal of Applied Ecology*. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14176>

