



Aqua reports 2023:4

Havsbaserad vindkraft i samexistens med fiske, vattenbruk och naturvård?

– en inledande kunskapssammanställning

Birgit Koehler och Lena Bergström



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Havsbaserad vindkraft i samexistens med fiske, vattenbruk och naturvård? *En inledande kunskapssammanställning*

Birgit Koehler, <https://orcid.org/0000-0001-9212-2555>,
Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Lena Bergström, <https://orcid.org/0000-0002-8059-8764>,
Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Rapportens innehåll har granskats av:

Patrik Kraufvelin, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Mattias Sköld, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär: Havs- och vattenmyndigheten,
Dnr 1875-2022 (SLU-ID: SLU.aqua.2022.4.2-236)

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten. Rapportförfattarna ansvarar för innehållet och slutsatserna i rapporten. Rapportens innehåll innebär inte något ställningstagande från uppdragsgivarens sida.

Publikationsansvarig: Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU),
Institutionen för akvatiska resurser
Redaktör: Stefan Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU),
Institutionen för akvatiska resurser
Utgivare: Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
Utgivningsår: 2023
Utgivningsort: Uppsala
Illustration framsida: Örskär. Foto: Lena Bergström
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel: Aqua reports
Delnummer i serien: 2023:4
ISBN (elektronisk version): 978-91-8046-832-9
DOI: <https://doi.org/10.54612/a.4or8sfk59u>
Rekommenderad citering: Koehler, B., Bergström, L. (2023). Havsbaserad vindkraft i samexistens med fiske, vattenbruk och naturvård? En inledande kunskapssammanställning. Aqua reports 2023:4. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. 69 s. <https://doi.org/10.54612/a.4or8sfk59u>

Sammanfattning

Havsbaserad vindkraft är en viktig komponent i omställningen till förnybar energi för att bemöta den globala klimatkrisen. För att bättre förstå förutsättningarna för utbyggnad av havsbaserad vindkraft behövs kunskap om möjligheter, hinder och åtgärder för samexistens mellan vindkraft och andra behov till havs. Den här rapporten presenterar resultat från en litteraturanlys för att belysa nuvarande kunskapsläge om samexistens mellan havsbaserad vindkraft och yrkesfiske, vattenbruk respektive naturvård.

Angående samexistens med yrkesfiske är huvudsakliga möjligheter som diskuteras i litteraturen att utforma fiskeredskap och -metoder som är kompatibla med vindparker, och designa vindparker så att det kan finnas förutsättningar för att även utöva fiske. Huvudsakliga potentiella hinder som diskuteras i litteraturen är låg acceptans för havsbaserad vindkraft inom fiskesektorn som kan försvåra möjligheter till utvecklingsprojekt, och säkerhetsaspekter, som risk för olyckor, skada på vindparkens installationer, samt skada eller förlust av fiskeredskap, och även tillhörande osäkerheter kring försäkringsaspekter. Åtgärder som undersöks enligt litteraturen inkluderar dels förebyggande åtgärder, som noggrant samarbete med aktörer och intressegrupper vid platsval, lokala eller regionala samrådsforum, och styrning på högre politisk nivå, dels strategiska åtgärder, som satsningar på utveckling av teknik som medför minskad risk för skada, utveckling av fiskeredskap som kan användas i vindparker och småskaliga pilotprojekt kring god praxis för fiskevänliga vindparker. Bland planeringsmässiga åtgärder betonas framförallt proaktiv havsplanering.

Angående samexistens med vattenbruk diskuteras i litteraturen framförallt fördelar med att kombinera vattenbruk med vindparker, som kan leda till mer effektiv platsanvändning och ökade möjligheter för att etablera vattenbruk längre bort från kusten. Som hinder diskuteras främst att utvecklingen av sådan fleranvändning fortfarande är i ett tidigt skede och inte kommersiellt gångbar, så att det fortfarande behövs kunskapsutveckling i form av pilotstudier, teknikutveckling, risk- och konfliktanalyser, men även att lagstiftningen idag kan vara försvårande för samexistens. Centrala åtgärder som diskuteras i litteraturen är till exempel att stimulera forskning, innovation och utveckling, inkludera fleranvändning i havsplaneringen och utveckla ett gemensamt ramverk för aktörer inom fleranvändning inklusive ett tydligt regelverk för förvaltning, tillståndsprocesser och övervakning av verksamheterna.

Angående samexistens med naturvård fokuserar rapporten på olika aspekter kring om, och i så fall hur, havsbaserad vindkraft kan vara förenlig med naturvårdens syften. Möjligheter för samexistens mellan vindparker och lagstadgade skyddade områden är svåra att fastställa på en generell nivå, då det beror på om vindparken medför en risk för det skyddade områdets målsättning eller inte. Förutsättningarna påverkas även hurdana förflyttningseffekter som skulle kunna uppstå inom fiske och andra marina användningar, och vilka miljöeffekter dessa kan leda till. Bland sätt på vilka havsbaserade vindparker skulle kunna gynna naturvården, på en mer generell nivå, belyser litteraturen till exempel att 1) artificiella reveffekter kan främja vissa arter, vilket skulle vara gynnsamt om det stärker hotade eller sårbara arter, eller arter som fyller en önskad funktion i ekosystemet, som filtrering eller bioreglering, och 2) indirekta skyddseffekter kan uppstå om fiske utsluts helt eller delvis i parken, och ge möjlighet till återhämtning för arter som dör i fisket, samt havsbottnar (om området tidigare har påverkats av bottenrålning). Litteraturen, och olika pågående pilotprojekt, belyser även möjligheter att integrera naturinkluderande designer i vindparkernas utformning, till exempel hur vindkraftverkens fundament och erosionsskydd skulle kunna utformas för att främja vissa, önskade arter. Bland potentiella hinder identifieras till exempel risken att en samlokalisering med skyddade områden skulle innebära ömsesidiga kompromisslösningar, så att

nätverket av skyddade områden blir suboptimalt. Litteraturen diskuterar även en risk att reveffekter vid vindkraftverken kan motverka syftet med det skyddade området, till exempel att oönskade arter gynnas eller att den nya artificiella livsmiljön skadar naturligt förekommande livsmiljöer, samt osäkerheter kring hur fiskemönster kommer att utvecklas i området och dess närhet, inklusive förflyttningseffekter. Möjligheten att integrera naturbaserade lösningar, till exempel att utforma vindkraftverkens fundament så att de kan främja vissa arter, diskuteras allt mer. En farhåga som lyfts i detta sammanhang är att den forskningsbaserade utvecklingen går långsamt framåt, då det fortfarande finns osäkerheter kring ekologisk effektivitet, effektstorlek eller möjliga risker med sådana lösningar. Möjliga åtgärder som diskuteras i litteraturen för att stärka naturvärden är till exempel att strategiskt använda havsplaneringen för att lokalisera områden för vindkraft på ett sätt som kan gynna sådana arter och livsmiljöer som behöver stärkas eller rehabiliteras från fysisk påverkan, samt att testa och vidareutveckla naturbaserade lösningar.

En övergripande aspekt som lyfts i litteraturen är vikten av tillräcklig och kontinuerlig kommunikation, och av riktade insatser för att öka förutsättningarna för samexistens och acceptans. Exempel är att stärka möjligheter till engagemang från olika aktörer, konsultera en bredd av sektorer och intressegrupper, säkerställa information till allmänheten, samt att påbörja samråd tidigt i processen och på ett sätt så att det blir tydligt vilken typ av inflytande som är möjlig i vilket skede. Stimulering av forskning och innovation, transparenta och strukturerade processer för havsplanering, kunskapsutbyte mellan länder samt offentlig tillgång till data är andra centrala insatser som betonas.

Innehållsförteckning

1. Inledning	9
2. Bakgrund om havsbaserade vindkraftverk och marin fleranvändning	14
2.1. Utformningen av havsbaserade vindparker.....	14
2.2. Fleranvändning till havs.....	15
3. Metod för litteraturgenomgång och överblick av litteratur	16
4. Vindkraftens samexistens med yrkesfiske	18
4.1. Möjligheter för samexistens mellan vindkraft och yrkesfiske	19
4.2. Hinder för samexistens mellan vindkraft och yrkesfiske	20
4.3. Åtgärder för att främja samexistens med yrkesfiske	23
4.4. Exempel på samexistens mellan vindkraft och yrkesfiske	26
5. Vindkraftens samexistens med vattenbruk	30
5.1. Möjligheter för samexistens mellan vindkraft och vattenbruk.....	30
5.2. Hinder för samexistens mellan vindkraft och vattenbruk.....	32
5.3. Åtgärder för att främja samexistens med vattenbruk	34
5.4. Exempel på samexistens mellan vindkraft och vattenbruk	36
6. Vindkraftens samexistens med naturvård	38
6.1. Samexistens med skyddade områden	39
6.2. Naturnytta genom indirekta skyddseffekter	42
6.3. Naturnytta genom reveffekter	43
6.4. Naturbaserade lösningar för att stärka naturvården.....	47
7. Betydelsen av kommunikation och samhällsacceptans	54
7.1. Exempel på satsningar på kommunikation och acceptans	55
8. Forskningsfrågor och behov av kunskapsutveckling	57
8.1. Samexistens med fiske.....	57
8.2. Samexistens med vattenbruk	58
8.3. Samexistens med naturvård.....	59
9. Slutord	61

1. Inledning

Omställningen till förnybar, fossilfri energi är en central åtgärd för att bemöta den globala klimatkrisen. Havsbaserad vindkraft bedöms ha stor utvecklingspotential för att bidra till denna omställning, även om det än så länge är en relativt sett liten energikälla i ett europeiskt sammanhang, med 28 GW installerad effekt år 2021 (Wind Europe 2022). Havsbaserad vindkraft är dock den snabbast växande sektorn inom den så kallade blåa ekonomin i Europa idag. Som ett exempel fördubblades antalet direkt anställda inom vindkraftssektorn i EU mellan 2014 och 2016. Sektorn nådde då cirka 160 000 anställda, vilket är mer än inom EU:s fiskeflotta (European MSP Platform 2021a). Havsbaserad vindkraft är även central i det europeiska energiskiftet, med målet att nå en kapacitet på 300 GW fram till år 2050 (EU 2020a; Inger m.fl. 2009; Nordic Energy Research 2021; Van Hoey m.fl. 2021). I Sveriges nu beslutade havsplan ingår områden för havsbaserad vindkraft motsvarande en produktion på 20–30 TWh/år (Havs- och vattenmyndigheten 2022), och regeringen har gett Havs- och vattenmyndigheten och Energimyndigheten som uppdrag att hitta områden för ytterligare 90 TWh/år (Regeringen 2022). I en undersökning av möjligheterna för storskalig och hållbar utbyggnad av vindkraft i svenska vatten i Östersjön angavs att det finns stora ytor lämpliga för vindparker, som i vissa områden skulle behöva olika former av restriktioner och hänsynsåtgärder för att säkerställa hållbarhet (Isæus m.fl. 2022). Sverige har som mål att nå en fullständig fossilfri energiproduktion år 2040 (Energimyndigheten 2021; Nordic Energy Research 2021).

Utbyggnaden av havsbaserad vindkraft ger klimatnytta och kan gynna den blåa ekonomin, men är ofta även förknippad med konflikter med andra marina intressen. Motsättningar kan till exempel uppstå mellan vindkraft och fiske, eller vindkraft och naturvård, och i en del havsområden finns det ett parallellt intresse för att utveckla vattenbruk (Christie m.fl. 2014; Inger m.fl. 2009; Crona m.fl. 2021; European MSP Platform 2021a; Steins m.fl. 2021; Van Hoey m.fl. 2021). Samexistens definieras i det här sammanhanget som frånvaro av konflikter och som en (minst) neutral delning av havsutrymmen, som en följd av god planering och potentiella tekniska lösningar. Idealiskt sett innebär lyckad samexistens att tillvarata möjligheter till att uppnå synergieffekter mellan sektorer (Bocci m.fl. 2019; Crona m.fl. 2021). Lyckad samexistens behöver därmed ta hänsyn till såväl

ekologiska konsekvenser, som ekonomiska och sociala förutsättningar och behov (Crona m.fl. 2021; Ramirez-Monsalve 2022).

Ett annat viktigt globalt problem är behovet att täcka det mänskliga näringsbehovet, som följd av den globala befolkningsökningen, parallellt med att undernäring och näringsbrist redan är utbredda (Costello m.fl. 2020; FAO 2020; Gephart m.fl. 2021). Sjömat genom hållbart fiske och vattenbruk har identifierats som grundläggande komponenter för att möta behoven (FAO 2020). I livsmedelssystemet innebär 'fiske' nyttjande av den vilda resursen och 'vattenbruk' innebär odling av till exempel fisk, kräftdjur och alger. Den globala efterfrågan på sjömat har omkring fördubblats sedan millennieskiftet och förväntas fördubblas igen under åren 2015–2050 (Naylor m.fl. 2021a). År 2018 var produktionen av akvatisk animalisk föda inom vattenbruket högre än inom fiskets i 39 länder (FAO 2020). Den globala produktionen av marina makroalger, till exempel olika typer av tång, mer än tredubblades under 2000–2018 (FAO 2020). Potentialen för odling av makroalger och annan sjömat, som musslor och ostron, anses dock fortfarande vara undernyttjad (Naylor m.fl. 2021b). Tillsammans med en förbättrad förvaltning av fisket förväntas utveckling av vattenbruk ha en viktig roll i att förbättra människors hälsa och undvika undernäring, av framför allt mikronäringsämnen. Trots de kraftiga ökningarna har vattenbrukssektorn dock fortfarande en stor potential för att effektiviseras och utvecklas i en mer hållbar riktning (Golden m.fl. 2021; European MSP Platform 2021a; se även ICES 2021). Bland fördelar med ökat vattenbruk räknas att det skulle kunna minska klimatavtrycket, behovet av markanvändning på land, liksom miljöbelastningar från livsmedelssystemet (Gephart m.fl. 2021). Vattenbruk kan, utöver matproduktionen, även spela en viktig roll i produktionen av icke-livsmedelsprodukter, som till exempel biobränsle ur odlade makroalger (Christie m.fl. 2014).

Ett ökat nyttjande av havsmiljön och havets resurser står dock i kontrast till behoven att värna naturliga ekosystem och minska förlusten av biologisk mångfald. Biologisk mångfald är grundläggande för fungerande ekosystemprocesser och därmed även för människan. I nuläget bedöms mer än en miljon arter vara utrotningshotade som en följd av mänskliga aktiviteter, vilket motsvarar cirka 25 procent av alla arter (IPBES m.fl. 2019). Bilden kompliceras av att klimatförändringarna förstärker hotet mot biologisk mångfald, medan förlust av biologisk mångfald också kan förstärka negativa effekter av klimatförändringarna (Bennun m.fl. 2021; Bergström m.fl. 2020, IPBES m.fl. 2019).

Idag finns det ett utökat behov av skyddade områden till havs, som ett nyckelinstrument för att säkerställa skyddet av havets biologiska mångfald. Skyddade områden skulle även kunna fungera som motåtgärder mot klimatförändringar, till exempel genom att gynna kolinlagring eller stärka ekosystemens naturliga resiliens (Jacquemont m.fl. 2022). Det globala initiativet "*Global Ocean Alliance*", där 73 länder inklusive Sverige för närvarande är

medlemmar, har som ett mål att 30 procent av alla havsområden ska vara skyddade till år 2030 (“*The 30by30 target*”¹). Målet på 30 procent är även inkluderad i Aktionsplanen för Östersjön (med minst 10 procent av dessa ytor med strikt skydd; HELCOM 2021) och i OSPARs miljöstrategi (OSPAR Commission 2021), vilka refereras till i Sveriges uppdaterade åtgärdsprogram för havsmiljön (Åtgärdsfaktablad 27 - Biologisk mångfald¹).

Det är därför viktigt att en utbyggnad av havsbaserad vindkraft är förenlig med de globala målen för biologisk mångfald, vilka även återspeglas till exempel i EU:s biodiversitetsstrategi (EU 2020c), och att en utbyggnad av havsbaserad vindkraft sker med minimal påverkan på miljön. Utbyggnaden av förnybar energi, som vindkraft, medför klimatnytta, men vindkraften innebär även vissa risker för marint liv, som behöver beaktas vid identifieringen av lämpliga alternativ för lokalisering, samt vid anläggningen och driften av de vindparker som etableras (Bergström m.fl. 2022a). Ibland finns dock därtill en förväntan att havsbaserad vindkraft kan gynna biologisk mångfald, till exempel genom att leda till minskad påverkan från andra verksamheter eller genom förstärkningsmekanismer, till exempel integrering i olika typer av naturbaserade lösningar (Nordic Energy Research 2021).

¹<https://www.havochvatten.se/planering-forvaltning-och-samverkan/havsmiljoforvaltning/atgardsprogram-for-havsmiljon-i-nordsjon-och-ostersjon/atgardsfaktablad/faktablad/atgardsfaktablad-27---biologisk-mangfald.html>

Box 1: Generella möjligheter och hinder för samexistens

Rapporten har tagit sin utgångspunkt i befintliga studier om förutsättningar för samexistens. Specifika möjligheter och hinder för de respektive sektorerna presenteras i huvudtexten.

De huvudsakliga generella drivkrafter för samexistens med havsbaserad vindkraft som har lyfts i litteraturen är 1) politiska målsättningar, 2) god samverkan mellan sektorer, 3) ekonomiska styrmedel, 4) samhällsekonomiska förutsättningar (till exempel möjligheter för småskaliga utvecklare att komma in på marknaden), 5) kunskap och evidens (till exempel goda exempel från lyckade fleranvändningsprojekt) samt 6) miljö- och resurs-aspekter (till exempel hållbarhet).

Huvudsakliga hinder för samexistens har identifierats som till exempel 1) juridiska hinder, 2) administrativa hinder (exempelvis långsamma och komplicerade tillståndprocesser), 3) finansiella hinder, 4) tekniska begränsningar, 5) sociala faktorer (till exempel avsaknad av acceptans) eller 6) miljöns begränsningar (till exempel brist på lämpliga omgivningsförhållanden) (se till exempel Kafas 2017; Onyango & Papaioannou 2017).

Avsaknad av tydliga och enhetliga rutiner och föreskrifter för tillståndprocessen lyfts av ett flertal författare. För att nå en mer enhetlig hantering av havsbaserad vindkraft har EU:s medlemsländer uttryckt behov av ett gemensamt ramverk för miljökonsekvensbeskrivningar och licensering, med tydlig ansvarsfördelning. Ett sådant ramverk skulle effektivisera tillståndprocessen, göra det möjligt att identifiera lämpliga integrerande styrmedel och optimera kapaciteten för samordnade miljökontrollprogram. I nuläget finns det inte heller generella riktlinjer för förvaltning av fiske eller vattenbruk i havsbaserade vindparker, utan sådana aspekter regleras separat i varje enskilt fall (EU 2021).

Sammanfattningsvis kan såväl havsbaserad vindkraft, fiske och vattenbruk vara väsentliga byggstenar för att möta globala mänskliga behov, om de utförs på ett hållbart sätt och i förenlighet med naturvårdens syften. Det är därtill relevant att analysera vilka möjligheter och hinder det finns för samexistens mellan dessa, sett till respektive sektor och sammantaget. Frågan om förutsättningar för samexistens aktualiseras vid planer på en utbyggnad av havsbaserad vindkraft, då det är viktigt att en sådan utbyggnad sker på ett ekologiskt såväl som socio-ekonomiskt hållbart sätt (Box 1). Samtidigt som vindparker tar plats i landskapen finns det en viss

flexibilitet i platsvalet, som kan göra det möjligt att identifiera optimala lokaliseringar med hänsyn till naturvård och samexistens med andra näringar, samt att undersöka om samexistens kan gynnas av anpassningar i vindparkernas design och utförande.

Den här rapportens syfte är att ge en översiktlig, tematisk sammanfattning av aktuellt kunskapsläge och erfarenheter om möjligheter och hinder för samexistens mellan havsbaserad vindkraft och fiske, vattenbruk, respektive naturvård, med exempel från olika länder och förslag på åtgärder. Rapporten är framtagen på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten och är baserad på en genomgång av internationellt publicerade forskningsartiklar, relevant grå litteratur, samt information från ett urval pågående projekt och pilotstudier. Bedömning av miljöpåverkan från havsbaserad vindkraft på marint liv ingår inte, men har nyligen beskrivits för svenska havsområden, inklusive åtgärdsalternativ, i en rapport från kunskapsprogrammet Vindval (Bergström m.fl. 2022a). Aspekter av lagstiftning och förvaltning ingår enbart översiktligt.

2. Bakgrund om havsbaserade vindkraftverk och marin fleranvändning

2.1. Utformningen av havsbaserade vindparker

De vindparker som planeras till havs i Sverige idag gäller vanligen minst hundra turbiner med ett avstånd av omkring en och en halv till tre kilometer från varandra (Länsstyrelsen 2022). Det här gör att vindparkerna kan omfatta en betydande yta av havet, även om de enskilda kraftverken kräver relativt sett liten plats på botten och i vattenmassan.

De vindparker som planeras kan ha antingen bottenfasta eller flytande kraftverk. De flesta miljöeffektstudier av havsbaserad vindkraft som finns tillgängliga idag är utförda för fastsittande modeller, som är förankrade på botten och vanligtvis står på 10–30 meters djup (även om det finns exempel ned till cirka 60 meters djup) relativt nära kusten. En annan viktig aspekt är att tidigare typer av vindkraftverk har en betydligt lägre tornhöjd, mindre rotorblad, mindre avstånd mellan kraftverken och mindre kapacitet än de verk som numera planeras och byggs.

Idag finns det en omfattande utveckling även av flytande vindkraftverk, som kompletterar de fasta kraftverken genom att de kan användas i andra typer av miljöer. De flytande kraftverken kan installeras betydligt djupare, ned till cirka 1000 m djup, där verken förankras i havsbotten. Utvecklingen av flytande vindkraftverk kan möjliggöra en större expansion av havsbaserade vindkraft, genom att fler områden är potentiellt lämpliga för deras lokalisering. Detta kan även innebära större möjligheter att undvika grunda områden med särskilda naturvärden, till exempel viktiga områden för arters reproduktion eller födosök, viktiga områden för art- och habitatskydd, eller områden som är viktiga för fiske. Användning av flytande vindkraftverk kan därmed komma att minska risken för konkurrens om utrymme mellan marina användningar, jämfört med bottenfasta vindkraftverk, eftersom platsvalet är mer flexibelt. Eftersom bottenytan mellan förankringspunkterna är mycket större än vid bottenfasta fundament tar de flytande vindkraftverken dock relativt sett större bottenareal i anspråk, jämfört med fasta vindkraftverk. Flytande vindkraftverk finns idag installerade i till exempel Skottland, Frankrike och Japan, och de är under planering i flera länder, inklusive

Sverige. Anläggningen av flytande vindkraftverk kräver vanligtvis inte pålning, vilket oftast är fallet för fasta fundament. Pålning innebär en kraftig ljudbelastning och medför behov av åtgärder för att minska risken för skada på miljön. Även övriga delar av en flytande anläggning kan genomföras med mindre påverkan på närmiljön, eftersom färre komponenter behöver monteras ihop på plats, och de flytande vindkraftverken kräver mindre material. Det finns dessutom en viss potential att flytta på verken om behov skulle uppstå, vilket är komplicerat men ändå lättare än för vindkraftverk med fundament. Påverkan från flytande vindkraft under driften kan på en generell nivå förväntas vara liknande den från vindkraftverk med fasta fundament (Bergström m.fl. 2022a; Maxwell m.fl. 2022). Eftersom de flytande kraftverken kan lokaliseras på djupare områden och inte har lika platsspecifika krav kan de ge en lägre risk för konflikter med till exempel naturvården (Isæus m.fl. 2022).

2.2. Fleranvändning till havs

Fleranvändning till havs definieras generellt som en gemensam användning av marina resurser i stor geografisk närhet, eller som en samexistens mellan olika typer av industrier och tekniska verksamheter inom samma område (Bocci m.fl. 2019; Christie m.fl. 2014; EU 2021). Att stärka fleranvändning har angetts kunna bidra till att uppnå flera europeiska och nationella mål/åtaganden, och fungera som katalysator för en hållbar blå ekonomi (Buck m.fl. 2008; EU 2021; Van Hoey m.fl. 2021). I samband med havsbaserad vindkraft innebär fleranvändning att vindparken kombineras med andra marina verksamheter, som fiske, vattenbruk eller andra typer av förnybar energi, till exempel tidvatten- eller solenergi (Buck m.fl. 2008; Christie m.fl. 2014; Van Hoey m.fl. 2021).

Flera EU-länder överväger just nu sådana fleranvändningar i sina havsplaner (EU 2021). Målet är att ta vara på möjligheter till synergier mellan verksamheter, som till exempel att kunna dela på kostnader och infrastruktur. Genom att ge ökade utkomstmöjligheter, skulle fleranvändning även kunna förbättra acceptansen för havsbaserad vindkraft (EU 2021; Van Hoey m.fl. 2021). Den kan även medföra att mindre utrymme totalt sett tas i anspråk jämfört med om motsvarande aktiviteter planerades i separata områden. Att mer outnyttjade områden finns kvar skulle kunna ge större möjligheter att implementera naturskydd, undvika konflikter mellan marina verksamheter och naturvård, och ge en stärkt beredskap för att bemöta framtida, ännu okända behov som kan uppstå till exempel vid klimatförändring. I en analys av olika scenarier för fleranvändning i europeiska hav bedömdes alla undersökta kombinationer av marin fleranvändning kunna ge ett mervärde för naturvården (Bocci m.fl. 2019).

3. Metod för litteraturgenomgång och överblick av litteratur

Rapportens innehåll är baserat på en tematisk genomgång av både vetenskapligt granskad och ”grå” litteratur, som har inriktats på att hitta information om kunskapsläget när det gäller förutsättningar för samexistens mellan havsbaserad vindkraft och fiske, vattenbruk, respektive naturvård, samt möjliga åtgärder. Litteratursökningarna har inkluderat tidsperioden 2002–2022. I första hand har sökningarna genomförts i den vetenskapliga sökmotorn *Web of Science*. Resultaten har därefter kompletterats med riktade webbsökningar efter dokument från relevanta myndighetsplattformar och organisationer (till exempel FAO, EU, European MSP Platform, Vindval), samt från webbsidor för avslutade eller pågående relevanta forsknings- och utvecklingsprojekt. I underlaget har därtill beaktats litteratur som uppdragsgivaren har varit behjälplig med att förmedla under projektiden, samt relevant litteratur i referenslistorna för primärlitteraturen. Vidare hämtades information genom (digital) medverkan vid två workshops arrangerade av *Nordic Energy Research* tillsammans med DNV (*Det Norske Veritas*) och NIVA (*Norwegian Institute for Water Research*) (Co-existence workshop 1 and 2, 2022). Till rapporten hör ett *EndNote* bibliotek med all citerad litteratur.

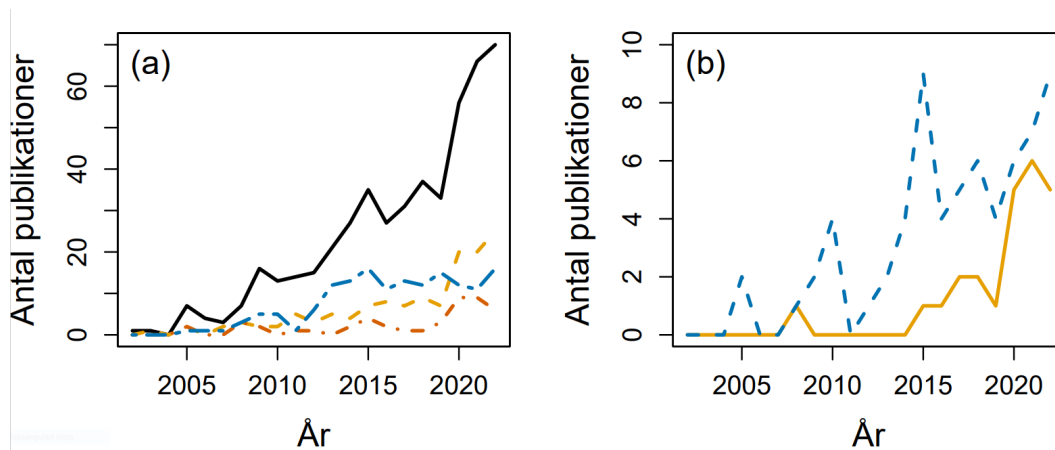
I den systematiska litteratursökningen i *Web of Science* (på engelska) användes i ett första steg sökkommandot ‘(“*offshore wind park**” or “*offshore wind farm**” or “*offshore wind turbine**” or “*offshore wind energy*” or “*offshore wind power*” or “*offshore renewable energy*” and “*wind*”) or “*marine renewable energy*”)’. Därefter filtrerades resultaten vidare, för att i största möjliga mån automatiskt, det vill säga utan manuell genomgång av alla artiklar, identifiera publikationer inom ämnesområdena ekologi, biologi och miljö. Den filtrerade sökningen identifierade 486 publikationer för tidsperioden 2002–2022. Av de identifierade artiklarna hade 87 procent, eller 420 artiklar, publicerats under det senaste decenniet (åren 2012–2022; Fig. 1a). Sett över hela den studerade tidsperioden 2002–2022 har forskningen om samexistens med havsbaserad vindkraft fram för allt tagits fram av forskare i England och USA (106 artiklar vardera). Därefter följer Tyskland (83), Skottland (70), Nederländerna (56), Danmark (42), Kina (39), Frankrike (34) och Belgien (32), följt av andra länder, där svenska forskare bidragit till 20 artiklar.

För att klassa artiklarna med avseende på olika ämnen som berör samexistens filtrerades de 486 artiklarna vidare med hjälp av ytterligare sökord. Mer specifikt

användes sökorden (“*fisher**” or “*fishi**”) för att avgränsa material om fiske, “*aquaculture*” för vattenbruk och (“*conservation*” or “*marine protected area*” or “*reef*” or “*biodiversity*” or “*nature-inclusive design*”) för naturvård. Vidare filterades alla artiklarna med sökord för att identifiera de som sannolikt berörde hinder för samexistens (“*conflict*” or “*trade-off*” or “*cumulative*”), eller möjligheter för samexistens (“*coexist**” or “*synerg**” or “*multi-use*” or “*co-location*”).

Resultaten av dessa filtreringar (Fig. 1a) visar att publikationer om havsbaserad vindkraft tillsammans med fiske har ökat under det senaste decenniet, och särskilt under de tre senaste åren. Totalt innehöll denna mängd 132 artiklar åren 2002–2022. Publikationer om havsbaserad vindkraft tillsammans med vattenbruk har varit få fram till år 2019, men har ökat de senaste tre åren, och totalt ingick 46 artiklar under åren 2002–2022. Artiklar som behandlar “naturvård” (specificerad enligt sökorden ovan) var lägre under åren 2002–2012, och låg och på en högre, relativt konstant nivå under senaste decenniet. Inom området “naturvård” var största delen av artiklarna relaterade till sökorden “*conservation*”, följt av “*biodiversity*” och “*reef*” (totalt 154 artiklar år 2002–2022).

Endast enstaka artiklar berörde hinder för samexistens under decenniet 2002–2012, enligt vår sökning, medan artiklar kring dessa frågor ökade tydligt från och med år 2015. Innan år 2015 klassades endast en artikel inom kategorin “möjligheter”, men sedan år 2015 har artiklar som berör denna tematik ökat tydligt (Fig. 1b).



Figur 1. Resultat från utfallet av litteratursökningen i Web of Science. Figuren till vänster (a) visar antal vetenskapligt granskade engelskspråkiga publikationer per år inom ämnesområdena ekologi, biologi och miljö som berör havsbaserad vindkraft (svart heldraget streck). I samma figur visas antal inom denna grupp som berör vindkraft och fiske (orange streckad), vindkraft och vattenbruk (röd streck-prickad) eller vindkraft och naturvårdsaspekter (blå tvåstreckad). Samma artikel kan finnas inom mer än en av dessa undergrupper. Figuren till höger (b) visar antal artiklar som enligt samma sökning sannolikt berör hinder för samexistens (blå streckad), eller möjligheter för samexistens (orange). Sökningen omfattade åren 2002–2022. För detaljer angående sökorden, se Kapitel 3.

4. Vindkraftens samexistens med yrkesfiske

Den el som produceras i vindparken behöver transporteras till land via kablar som ligger på botten. Kablarna riskerar dock skadas av fiskeredskap med bottenkontakt, vilket kan leda till konflikter mellan vindkraft och fiske (Van Hoey m.fl. 2021). Trålning är idag den vanligaste fiskemetoden inom EU, framför allt bottentrålning (European MSP Platform 2021a). Vanligtvis är därtill all båttrafik förbjuden i havsbaserade vindparker idag, liksom i en buffertzona på omkring 500 meter utanför vindparken. En ökad utbredning av havsbaserade vindkraft minskar därmed den yta av havet som kan användas för fiske (EU 2020b; Van Hoey m.fl. 2021). I kombination med andra användningar, till exempel områdesskydd och båttrafik, kan den kumulativa inverkan på fiskesektorn bli hög (European MSP Platform 2021a).

Fiske påverkas särskilt av rumslig uteslutning genom att det är en aktivitet som är rörlig och inte enkelt kan avgränsas till särskilda områden (Schupp & Buck 2017). Fisket behöver ske där fisken är, och utövas ofta på olika platser beroende på till exempel tid under dygnet, säsong, eller år (Blyth-Skyrme 2011). Ett minskat utrymme för att utöva fiske kan till exempel leda till minskade fångster, längre restider, högre konkurrens om fiskeplatser, och potentiellt även ökat fisketryck i alternativa områden (European MSP Platform 2021c; Van Hoey m.fl. 2021). Fiskesektorn har även rapporterat farhågor om att vindkraften skulle kunna ha negativa effekter på bestånden, som att fiskstim skulle kunna drivas isär av ljud under konstruktion av vindkraftverk och under själva driftsfasen (Van Hoey m.fl. 2021), eller oro om påverkan på fiskars lekområden (Co-existence workshop 1, 2022). I tillägg kan förundersökningar, anläggningsarbeten eller kabeldragningar ta områden i anspråk tillfälligt (FLOWW 2014).

Förlust av fiskeområden kan innebära ekonomiska konsekvenser och anpassningsbehov hos fiskesektorn, men även förlust av kulturella värden (EU 2020b; European MSP Platform 2021a, 2021c; Van Hoey m.fl. 2021). Risken kan vara större för lokala, småskaliga fiskare som har svårt att i stället välja att fiska längre bort eller byta fiskemetod (Braga 2020; European MSP Platform 2021a). Samtidigt är det småskaliga fiskets lobby mindre och det småskaliga fisket brukar ofta beaktas och konsulteras i mindre utsträckning än det mer storskaliga fisket. Förlust av fiskeplatser kan även leda till att fiskare upplever en känsla av förlorad

identitet och att traditionella levnadsformer i fiskesamhällen hotas (Braga 2020). Dessa förutsättningar gör att fiske i allt mindre utsträckning ses som en lovande yrkesinriktning, och bidrar till att allt färre personer väljer fiske som yrke (Van Hoey m.fl. 2021).

4.1. Möjligheter för samexistens mellan vindkraft och yrkesfiske

Även om det i nuläget ofta finns konkurrens och motsättningar mellan havsbaserad vindkraft och yrkesfiske har det framförts att dessa skulle kunna vara kompatibla, särskilt vid användning av passiva fiskeredskap (Kafas 2017), och att fiske och vindkraft borde kunna utformas för att samexistera (FLOWW 2014). Samexistens mellan yrkesfiske och vindkraft identifierades som en av de mest lovande fleranvändningarna i två studieområden i Nordsjön (Bocci m.fl. 2019). I en tysk analys bedömdes fiskesektorn vara proaktiv och en positiv drivkraft för utveckling av fleranvändning, och centrala aktörer inom fisket har deltagit i projekt respektive utvärderande analyser (Schupp & Buck 2017). En fungerande samexistens mellan vindkraft och fiske skulle kunna ge fördelar till samhället, till exempel genom att gynna en hållbar lokal samhällsutveckling, bibehålla eller skapa nya arbetsmöjligheter, bidra till livsmedelssäkerheten och öka den lokala acceptansen av havsbaserad vindkraft (Kafas 2017).

I dagens vindparker är fiske med rörliga redskap som regel uteslutet eller kraftigt reducerat (se *Hinder*), medan fiske med stationära (passiva) redskap kan medges under vissa förutsättningar (men se även *Hinder* nere). Exempel på sådana förutsättningar är att det finns tillräcklig plats att lägga ut redskapen på säkert avstånd från kabeldragningar och andra installationer, så att det inte finns risk för skada på fiskeredskap eller på komponenter som tillhör vindparken. Även vissa mindre modeller av rörliga redskap kan fungera i vindparker. Ett exempel är fiske med skrapor av den typ som används inom mussel- och ostronfiske, vilka går relativt grunt och används på korta sträckor över de specifika områden där målarterna förekommer (Blyth-Skyrme 2011). I vissa fall har fiskeredskap specifikt anpassats för att möjliggöra fiske inom vindparker (Van Hoey m.fl. 2021). En övergång till mer miljövänliga fiskemetoder, vilket i praktiken ofta innebär redskap som har mindre bottenkontakt, skulle också kunna förbättra förutsättningarna för samexistens mellan vindkraft och fiske (European MSP Platform 2021b).

Med hänvisning till navigationssäkerhet har fartyg, inklusive fiskebåtar, i nuläget oftast inte tillträde i vindparker. Det har dock framförts att synen på risk kan komma att förändras i det här avseendet, så att behoven av rumsliga begränsningar för sjöfart och båttrafik skulle kunna komma att minska (European MSP Platform, 2021a). Att vindparker utformas med ett allt större avstånd mellan

de enskilda vindkraftverken kan leda till att utrymmet för båttrafik respektive att utöva fiske inom vindparken ökar (Van Hoey m.fl. 2021). Även om anledningen till att vindparker planeras med ett allt större avstånd mellan vindkraftverken är för att öka vindparkernas effekt, så kan de indirekt gynna samexistensen mellan vindkraft och fiske.

Det har också framförts att redan en politisk eller samhällelig målsättning om att gynna fleranvändning i sig kan stimulera innovation och utveckling, både gällande fiskemetoder och vindparkens design (Kafas 2017). Här behöver vikten av att inkludera både fiskarkårens generella och lokala sakkunskap betonas (European MSP Platform 2021a).

Studierna som citeras ovan inriktar sig i första hand på tekniska och praktiska förutsättningar för samexistens med fiske, medan en annan aspekt är hur risken för påverkan på den omgivande miljön förändras beroende på om fiske tillåts eller inte inom en vindpark (se *Hinder*). Att tillåta fiske i vindparken skulle kunna minska eller motverka den indirekta skyddseffekt som kan uppstå om fiske däremot utesluts (Schupp & Buck 2017). På längre sikt är ett möjligt scenario att de lokala förutsättningarna för fiske kan gynnas av havsbaserade vindparker, om dessa bidrar till att stärka bestånd av kommersiellt viktiga arter av fisk och skaldjur, som en följd av reveffekter och skyddseffekter (se *Samexistens med naturvård*).

4.2. Hinder för samexistens mellan vindkraft och yrkesfiske

Acceptansen för havsbaserad vindkraft är ofta särskilt låg hos fiskets utövare, och det finns många exempel på när fiskesektorn har uttryckt tvivel på att samexistens med vindkraft skulle vara möjlig. Van Hoey m.fl. (2021) konstaterar att synen på havsbaserad vindkraft generellt är negativ bland fiskare, och att motståndet har blivit kraftigare med ökad utbyggnad. Fiskeindustrin har efterfrågat anpassningar och förbättringar i havsplaneringen, som upplevs för riktad/viktad mot vindkraftsindustrin (Berkenhagen m.fl. 2010; Van Hoey m.fl. 2021), och emotionell laddade protester har förekommit, till exempel år 2018 i Nederländerna² (Van Hoey m.fl. 2021). Ett annat, mer övergripande hinder är att nuvarande tillståndsprocesser ofta fokuserar på risker för platsspecifika konflikter mellan vindkraft och fiske, medan det saknas en tillräcklig undersökning av den kumulativa påverkan på fisket som kan uppstå av flera vindparker tillsammans. Sådana kumulativa effekter kan bli avsevärda i vissa områden (Berkenhagen m.fl. 2010).

² <https://www.theguardian.com/environment/2018/jun/01/dutch-fishermen-to-sail-fleet-into-amsterdam-in-wind-turbine-protest>

Från vindkraftssektorns perspektiv kan ett hinder för samexistens med fiske vara att det inte medför ekonomiska fördelar, men däremot kan orsaka högre kostnader för till exempel försäkringar, anpassad design, ytterligare skyddsåtgärder eller underhållskostnader (Braga 2020). Eftersom tillståndsprocessen redan idag är mycket komplex, kan det i vissa fall vara svårt att motivera de ytterligare ansträngningar som behövs för att uppnå samexistens (Kafas 2017). Samtidigt kan en proaktiv inställning till samexistens med fiske kunna vara ett sätt att öka chansen att få anlägga vindkraftverk i ett område som är viktigt för fiske, genom att minska risken att få avslag på grund av motsättningar med fiskets intresse.

Även i fall där fiske inom vindparker är tillåtet, till exempel i Storbritannien, kan det finnas praktiska hinder för samexistens. Det finns till exempel alltid en säkerhetszon runt turbinerna, och att använda fiskeredskap inom vindparken kan vara svårt även om det tillåts. Om de elkablar som leder elen inte är tillräckligt nedgrävda eller skyddade går det därtill inte att tråla över dem, utan trålen behöver lyftas, vilket ger förlust av tid som orsakar kostnader om det inte finns alternativa rutter eller fiskeområden (European MSP Platform 2021c; Van Hoey m.fl. 2021). Fiske med vissa passiva (stationära) redskap kan också vara problematiskt, eftersom redskapen kan fastna vid kablar eller skada andra delar av vindparkens infrastruktur. Ett annat möjligt hinder är att redskapen kan driva vid kraftiga tidvatten (ej aktuellt i Sverige) eller dåligt väder, och sedan trassla in sig i kablar eller andra vindkraftsinstallationer (Blyth-Skyrme 2011).

Vilken typ av fiske som tillåts eller utesluts i vindparker kan även påverka naturvårdsaspekter. Till exempel påverkas risken för bifångster av säl, tumlare och sjöfågel av vilka fiskemetoder som används i området (Glemarec m.fl. 2021; ICES 2020). Om garnfiske ökar i ett område skulle det kunna öka risken för bifångster (Northridge m.fl. 2017; HELCOM 2018). Trålfiske innebär också bifångster av olika arter, även om i lägre grad än garnfiske. Garnfiske påverkar dock inte botten så som trålfiske gör, och är mer selektivt för att undvika fångster av till exempel fisk under minimimått eller icke-målarter. Risken för bifångst av tumlare i garnfiske kan minskas till exempel genom akustiska skrämsemetoder, exempelvis har så kallade "*pingers*" visats minska bifångster av tumlare med upp till 50–80 procent, eller genom att anpassa fiskeredskapen (Glemarec m.fl. 2021; ICES 2020). Om fisket behöver förflyttas till nya områden efter att ha uteslutits från ett område där en vindpark etableras, kan detta i vissa fall öka risken för påverkan på känsliga miljöer eller arter, till exempel om risken för ökad bifångst eller skador på botten är större i det nya fiskeområdet (Kafas 2017). Även då är utfallet avhängigt av vilken fiskemetod som används.

Sjösäkerhetsaspekter är ännu ett hinder för samexistens mellan vindkraft och fiske, eftersom vindparken kan öka risken för fartygsolyckor genom till exempel kollisioner. För fiskare är en viktig säkerhetsaspekt att redskap kan fastna i vindparkens infrastruktur, och därmed leda till farliga situationer, skador på eller

förlust av redskap, och även skada på kablar eller andra komponenter i vindkraftsparken. Fiskeredskap som fastnar kan behöva överges, vilket innebär finansiella förluster för fiskare (European MSP Platform 2021a, 2021c; Van Hoey m.fl. 2021). Förlorade fiskeredskap bidrar därtill till miljöproblemet ”spökfiske” genom att redskapen fortsätter att fiska och därmed döda fisk och andra organismer utan att vittjas (Macfadyen m.fl. 2009).

Förhållandena för fiske inom en etablerad vindpark kan därför innebära att fartyg och fiskeredskap som är anpassade till normala förhållanden inte är praktiskt, säkerhetsmässigt eller miljömässigt kompatibla, och förutsätta redskapsutveckling innan de skulle kunna användas i en vindpark (Kafas 2017). Svårigheterna som uppkommer, även i fall där fiske är tillåtet, kan därmed leda till att fiskare själva väljer att inte fiska i vindkraftsområden, särskilt under försvårande förhållanden som kraftig vind (Blyth-Skyrme 2011).

Elkablar på botten kan grävas ned och täckas över, till exempel med sand. Men även i sådana fall finns det risk att de förflyttas över tid, genom påverkan från strömmar och erosion, så att de kommer upp mer grunt och lättare blir utsatta för skada (European MSP Platform 2021c; Van Hoey m.fl. 2021). Många kablar till havs har vid något tillfälle skadats av tråledskap, och i nuläget bedöms cirka en tredjedel av alla skador på kablar vara orsakade av fiske (European MSP Platform 2021c). Elkablar som leder strömmen från turbinerna är dyra, med installationskostnader i storleksordningen 10 miljoner SEK per kilometer (European MSP Platform 2021c). Skadas kablar innebär det vanligtvis även att strömmen som produceras går förlorad, vilket ger ytterligare ekonomiska förluster. Att reparera kablar är också kostsamt, kräver särskilda fartyg, och området behöver tillfälligt stängas av. Att fastslå ansvar i händelse av olyckor och skador kan också vara svårt och kan komma att kräva specialiserad övervakningsutrustning (Schupp & Buck 2017).

Antalet undervattenskablar förväntas öka med utbyggnaden av förnybar energi och av internationella elnät. Samtidigt pågår utveckling för att göra kablar mer effektiva, vilket kan leda till att färre kablar behövs och att de behöver uppta mindre utrymmen. Historiskt sett har installatörer i de flesta EU länder haft stor frihet att bestämma om kabeldragningar på det sätt som bäst passade den egna verksamheten, utan något överordnat ramverk. Eftersom det är kostsamt att installera undervattenskablar har ägarna föredragit de kortaste och därmed billigaste dragningarna, vilket inte alltid varit det bästa alternativet för samexistens med fiske. Utöver det har kablar som tagits ur bruk inte alltid avlägsnats, utan kan ligga kvar med fortsatt risk för att fiskeredskap fastnar (European MSP Platform 2021c). Det finns även oro kring försäkringsfrågor, ifall fisket skulle leda till skador på till exempel kablar. I nuläget är det svårt att få försäkring för sådana risker (European MSP Platform 2021c; Van Hoey m.fl. 2021) och försäkringar mot skaderisk är dyra, vilket är särskilt kännbart för små företag (Schupp & Buck 2017).

4.3. Åtgärder för att främja samexistens med yrkesfiske

En generell, central åtgärd för att möjliggöra samexistens med fiske är noggrannhet vid valet av områden för vindkraftsetablering, samt att utforska lokaliseringalternativ i nära samråd med olika intressegrupper, för att i största möjliga mån förebygga risken för konflikter (se även *Acceptans och kommunikation*). Det mer specifika tillvägagångssättet och möjligheterna för samexistens behöver identifieras och undersökas från fall till fall. European MSP Platform (2021a), lyfter som viktiga exempel på förebyggande åtgärder:

1. tidig involvering av alla berörda aktörer (se också Avsnitt *Acceptans och kommunikation* nedan),
2. tidig identifiering av möjliga svåra avvägningar och hur de skulle kunna lösas,
3. sammanvägd analys av ekosystemets förutsättningar i området,
4. skapandet av arbetsgrupper med särskilt mål att identifiera möjligheter till samexistens och synergier.

European MSP Platform (2021a) framhåller även vikten av att säkerställa inflytande av svagare sektorer, samt att hålla offentliga samråd på ett sätt som främjar kreativitet, samverkan och interaktion. Därtill lyfts styrning på högre politisk nivå, samt god tillgång på forskningsdata och kunskap som framgångsfaktorer.

Bland förebyggande åtgärder ingår även tekniska lösningar för att minimera risken för motsättningar, som att anpassa anläggningstiden, placering av turbinerna för att möjliggöra fiske och säker navigering, tillräcklig nedgrävning av kablar, kabeldragning i korridorer, samt lämpliga markeringar och belysningar av infrastruktur. Om samexistens inom det berörda området inte bedöms vara möjlig och vindkraften bedöms medföra betydande effekter på fisket, kan det finnas behov av skadelindrande åtgärder, som även de borde utarbetas tillsammans med de berörda aktörerna. Där det finns behov av skadelindrande åtgärder vore det mest fördelaktigt att föreslå alternativ som båda sektorerna ömsesidigt kan komma överens om i ett tidigt skede av planerings- eller tillståndprocessen. Skadelindrande åtgärder med fokus på samexistens med fiskesektorn inom vindparken är enligt European MSP Platform (2021a) till exempel att:

1. tillåta vissa typer av fiske under särskilda förutsättningar,
2. göra anpassningar så att fiskebåtar kan passera genom vindparken,
3. anpassa tider för anläggning enligt fiskesäsong,

4. stödja gemensamma överenskommelser mellan vindkrafts- och fiskesektorn gällande till exempel delade resurser, eller kompensatoriska lösningar vid motsättningar,
5. utveckla en gemensam strategisk plan, som även innehåller återkommande utvärdering och revision,
6. utöva samförvaltning (där vindkraft förvaltas tillsammans med till exempel fiske och vattenbruk), och
7. koordinera forsknings- och övervakningsprogram för att informera framtida planering och utveckling.

Rumsliga modeller kan synliggöra ekologiska och samhällsekonomiska effekter av att fiske utesluts eller behöver anpassa sig. Sådana modeller kan också vara värdefulla för att analysera alternativa lokaliseringar av havsbaserad vindkraft, förflyttningseffekter inom fisket, och för att utveckla strategier för samexistens. De rumsliga planeringsstöd som finns idag behöver hållas aktuella över tid, med avseende på till exempel redskapsspecifika fiskedata och olika rumsliga skalor (Van Hoey m.fl. 2021), och vidareutvecklas så att de i utökad omfattning kan användas för att förstå konsekvenser av strategiska beslut (Depellegrin m.fl. 2021). Bland möjliga strategiska åtgärder för att främja samexistens mellan havsbaserad vindkraft och fiske rekommenderade Schupp och Buck (2017):

1. öppen och tydlig kommunikation mellan sektorerna om till exempel mervärden, kunskapsläge och säkerhetsfrågor,
2. kunskapsutbyte mellan olika länder för att hitta gemensamma aspekter och ta fram samordnade förvaltningsmetoder,
3. studier för att närmare undersöka farhågor om säkerhet och potentiella skador på vindkraftsinfrastruktur genom experiment och att på basen av faktiska erfarenheter utveckla strategier och teknik som kan minimera risker, och vid behov även ändra regelverket.

I tillägg är politiska och juridiska drivkrafter viktiga. Regelverk ska syfta till att säkerställa till exempel tillräckliga och tillförlitliga miljöprövningar, och att påverkade fiskesektorer identifieras och beaktas. Ett proaktivt stöd eller krav på åtgärder för att säkra samexistens kan behövas, till exempel i form av villkor för tillståndsgivning. Vidare kan det vara viktigt att förhindra att samexistensen orsakar oskäliga kostnader, till exempel för vindkraftssektorn, genom att undvika att ansökningsprocesserna blir mer långdragen, eller för fiskesektorn genom att undvika behov av kostsamma försäkringar (Kafas 2017).

För att särskilt minska risken för kabelskador identifierade European MSP Platform (2021c) som huvudsakliga rumsliga åtgärder:

1. utveckla korridorer för kablar och rörledningar inom ett havsbaserat elnät,
2. samordna kabelkorridorer för olika typer av syften (olika sektorer och användningar), så att fiske begränsas så lite som möjligt,
3. förbjuda ankring i områden med många kablar, förutsatt lämplig lagstiftning eller frivilliga överenskommelser,
4. införa skyddszoner längs med kablar och korridorer där till exempel trålfiske förbjuds (men där andra fiskemetoder skulle kunna användas),
5. införa krav på att kablar måste korsar farleder på kortast möjliga väg.

Dessa, mer planeringsmässiga, åtgärder kan kompletteras med krav på att kablar grävs ned och/eller skyddas med andra lämpliga metoder. Som stöd har inrättandet av system för övervakning av kablar rekommenderats, till exempel för att ge varningar i realtid om sektioner av kabeln blir exponerade eller om deras skydd har blivit bristfälligt (Kafas 2017). Det finns dock en avvägning mellan behovet att gräva ned kablar och naturskyddsintresset, eftersom effekten på miljön kan bli större vid mer omfattande grävarbeten. Pågående utveckling inom informations- och kommunikationsteknologin förväntas kunna bidra till att fiskare kan få bättre information om aktuella och mer exakta lägen för kablar, och därmed minska risken för kabelskador (European MSP Platform 2021b).

För att främja samexistens av fiske och havsbaserad vindkraft kan det finnas motiv att göra särskilda investeringar i teknikförbättring och innovation, till exempel för att utveckla kabelskyddsåtgärder och anpassade fiskemetoder (Bocci m.fl. 2019). Fiskeredskap kan behöva anpassas för att minska risken för att de orsakar skador på kablar (European MSP Platform 2021c), och fisket kan behöva inriktas på arter som är lämpliga att fiska inom vindparken. På en mer övergripande nivå är en mer konkret stödåtgärd att ta fram småskaliga pilotprojekt med syfte att ta fram vägledning om god praxis för att skapa fiskevänliga vindparker, eller marknadsföra fördelar med samexistens för utvecklare av havsbaserad vindkraft (Kafas 2017).

I Storbritannien finns en särskild vägledning kring åtgärder som kan användas för att mildra påverkan på fiskesektorn vid installation och drift av vindparken. Exempel är åtgärder för att stärka fiskbestånden, förbättra fiskefartygen, öka fiskeverksamhetens vinstmarginaler, och att utveckla nytt fiske eller alternativ verksamhet (FLOWW 2014). I vissa fall har fiskesektorn i Storbritannien efterfrågat kompensationer inriktade på att säkerställa långsiktigt hållbara kustnäringar, till exempel genom att finansiera utbildning för alternativ försörjning.

Fiskare som kan påverkas är inte enbart de som förlorar fiskeområden, utan kan även vara de som påverkas indirekt genom ökad konkurrens i andra områden. Det har framförts att ekonomisk kompensation borde användas som en sistahandsåtgärd eftersom det är utmanande att säkerställa att den fördelas på ett rättvist sätt i tid och rum, och därför finns en risk att det orsakar ytterligare konflikter (Van Hoey m.fl. 2021). För en vindpark i Portugal kritiserades, till exempel, att bara större fartyg men inte lokala småskaliga utövare fick kompensation, och att kompensationen var avsevärt mindre än de faktiska finansiella förlusterna (Braga 2020). I Storbritannien behöver fiskare tillhandahålla bevis i form av till exempel tre års fångstjournaler för att bekräfta förluster (FLOWW 2014).

4.4. Exempel på samexistens mellan vindkraft och yrkesfiske

Trålfiske är i som regel inte tillåtet inom vindparker i europeiska länder, med några undantag, som Storbritannien Fiske med passiva (stationära) redskap, samt passage genom vindparker kan vara tillåtet med särskilda restriktioner i Storbritannien, Tyskland, Belgien och Nederländerna (van Hoey m.fl. 2021).

Som ett mer specifikt exempel var vindparker tidigare avstängda för fiskebåtar i Nederländerna, men detta reviderades av den nederländska regeringen år 2015, där det bestämdes att, båtar under en viss maxlängd får passera och att fiskebåtar får passera om bottenvidrörande utrustning transporteras väl synligt ovanför vattenytan. Fiske med bottennära redskap samt förankring är dock förbjudet inom vindparkens säkerhetszon. Utanför denna måste all fiskeutrustning som används inom vindparker vara specifikt godkänd av regeringen. Det nya upplägget testades åren 2016–2017 i ett antal vindparker. Därefter återstod ett antal frågor och farhågor att utreda vidare, som till exempel vem som skulle stå för kostnader för att anpassa vindparkerna till den nya situationen, kostnader som kan uppstå ifall vindparkspersonal behöver assistera andra användare till exempel i nödsituationer eller hur riskhantering och kostnader vid eventuella olyckor och skador ska finansieras. Vindkraftsektorn uttryckte även farhågor om att deras rykte skulle kunna ta skada vid eventuella olyckor och efterföljande rättstvister. Därför genomfördes en andra, oberoende riskanalys på uppdrag av regeringen. Denna andra utredning bedömde att även vissa passiva (stationära) fiskeredskap, som nät, långlinor, tinor och fällor, kunde riskera skada kablar eller andra installationer, eller öka risken för ”spökfiske” vid förlust av fiskeredskap, och rekommenderade att dessa risker och potentiella åtgärder skulle analyseras vidare. Eftersom den andra riskanalysen i det stora hela dock var positiv bestämde den nederländska regeringen år 2018 att på försök öppna tre vindparker för fiske, med regler framtagna på basen av den första riskanalysen, och att samla vidare kunskap och erfarenheter för att

anpassa reglerna efter behov. Utöver det bestämdes att nya vindparker alltid ska innehålla en säkerhetskorridor där båtar upp till 45 meters längd får passera (European MSP Platform 2021a). För att främja samexistens har Tyskland lagt in specifika korridorer för kablar och rörledningar i sin havsplan, med målet att samla dem i största möjliga utsträckning³. Planeringen gjordes i samråd med fisket och sjöfarten, och korridorerna ska användas vid nya kabelinstallationer. Prioriterade områden för sjöfart ska korsa kablar och ledningar kortast möjliga väg, vilket optimalt innebär en nittio graders vinkel. Vidare måste kablar grävas ned till minst 1,5 m djup, med ett ännu större nedgrävningdjup i farleder och områden med intensivt fiske (European MSP Platform 2021c). I en analys av förutsättningarna för integration av fiske i vindparker i Tyskland var vindkraftssektorn dock generellt tveksam eller emot, och betonade vikten av att bibehålla den säkerhet som (de befintliga) exklusiva rättigheterna innebär, även om några aktörer förhöll sig mer öppet (Schupp & Buck 2017).

I Skottland rapporterade Onyango & Papaioannou (2017) en generell negativ inställning till samexistens mellan havsbaserad vindkraft och fiske. Samtidigt anses Skottland vara ledande inom integrerade lösningar för samexistens, till exempel genom att ha uppnått lyckad samexistens mellan vindkraft och vissa typer av fiske, främst fiske med passiva redskap, och resursdelning, som gemensamt delad teknisk personal, båtar, hamnanläggningar, samt nöd- och övervakningssystem (European MSP Platform 2021a). För att informera planeringen av havsbaserad förnybar energi, områdesskydd och rumslig fiskeförvaltning utfördes ett projekt där förekomsten av småskalig kommersiell fiskeaktivitet och dess värde i skotska kustområden kartlagdes (“*ScotMap*”). Det kustnära fisket utförs med mindre båtar som har krav på rumslig landningsrapportering men som inte ingår i det detaljerade satellitbaserade kontrollsystemet “*Vessel Monitoring Systems*” (VMS). Det här gör att det kustnära fiskets mer detaljerade lokalisering har pekats ut som kunskapslucka i havsplaneringsprocessen. I samverkansprojektet ingick personintervjuer med 1090 fiskare om till exempel deras fiskeområden, fiskesäsonger, fiskebåtar, utrustning, målarter och inkomst, och erhållna data analyserades för att producera kartor. Fiskets representanter konsulterades även för att diskutera och revidera första versioner av kartorna, och de slutgiltiga kartorna gjordes tillgängliga online⁴. De flesta fiskare som kontaktades svarade på intervjufrågorna och beskrevs som positiva om projektet, vilket ledde till att mycket mer omfattande och detaljerad information än vad som tidigare varit tillgänglig kunde sammanställas. Kunskapsunderlaget ansågs utgöra ett viktigt bidrag till den skotska havsplaneringen. Kartornas omfattning och kvalitet varierade dock, till

³https://www.bsh.de/EN/TOPICS/Offshore/Sectoral_planning/Spatial-offshore-grid-plan/spatial_offshore_grid_plan_node.html

⁴<https://data.marine.gov.scot/dataset/scotmap-inshore-fisheries-mapping-scotland-recording-fishermen%E2%80%99s-use-sea8>

exempel beroende på hur väl det lyckades att få kontakt med fiskare i aktuella målgruppen samt svarsfrekvensen hos fiskare inom de olika fiskemetoderna (Kafas m.fl. 2014).

I Polens havsplanering användes konceptet ”blå korridorer”, där migrationskorridorer för vandrande arter planerades in. Inga installationer är tillåtna i dessa korridorer, men fiskebåtar får passera (European MSP Platform 2021a).

Huvudsakliga orosmoment för den belgiska fiskesektorn sammanfattades av Van Hoey m.fl. 2021 som:

1. förlorade fiskeplatser,
2. anläggning av sten på kabelledningar (som hindrar fiske och utgör en risk för trålfisket),
3. för litet avstånd mellan vindkraftverk för att möjliggöra vissa fiskeaktiviteter,
4. behov av korridorer/farleder genom vindkraftsområden för att enkelt kunna åka till fiskeställen.

I en belgisk undersökning av fisket åren 2006–2017 noterades dock inga negativa effekter av vindkraft på trålfisket, med avseende på fiskeansträngning, landningar eller fångbarhet hos målarterna tunga och rödspätta. I stället visade undersökningen att fisket hade flyttat till andra områden. Fångstbarheten och landningarna av rödspätta verkade vara högre runt några belgiska vindparker (De Backer m.fl. 2019). I vissa fall har avstämningar gjorts med fiskesektorn om möjligheten att anpassa redskap för att möjliggöra fortsatt fiske vid införandet av vindparker (Van Hoey m.fl. 2021).

I Storbritannien utgör *“UK Marine Policy Statement”* ett ramverk för havsplaneringen. Enligt denna måste myndigheter som jobbar med havsplanering beakta möjliga sociala och ekonomiska effekter på fisket vid inplanering av andra marina aktiviteter, samt potentiell miljöpåverkan. Det finns krav på att analysera effekter av fiskets förflyttningar och utröna om det finns tillgång på alternativa fiskeområden. Här ingår också att analysera hur en omlokalisering av fisket kan påverka fiskbestånden och havsmiljön i områden som i stället kan komma att få ett ökat fisketryck. Vidare finns det krav på att effekter på fiskesamhällen och associerade verksamheter beaktas och beslutsfattare förväntas främja möjligheter för samexistens (Kafas 2017). I tillägg utvecklades ett informationssystem för att kommunicera var kablar och ledningar ligger, samt för att informera om lämpliga förhållningssätt för fiske i förhållande till dessa⁵ (European MSP Platform 2021c). I Storbritannien utvecklades också år 2002 forumet *”The Fishing Liaison with Offshore Wind and Wet Renewables Group”* (FLOWW), med syftet att främja goda

⁵ <https://www.seafish.org/safety-and-training/kingfisher-information-services/>

relationer mellan fiske och förnybara energier, och stimulera samexistens mellan de båda sektorerna. Forumets målsättning är att möjliggöra och underlätta en diskussion om samexistensfrågor, att främja och utbyta praktiska erfarenheter, och gynna kontakter mellan havsbaserade sektorer. Deltagarna i forumet representerar till exempel förnybar energi, fisket och myndigheter. På basen av samarbetet publicerades till exempel en vägledning för samexistens mellan förnybar energi och fiske. Vägledningen betonar särskilt vikten av ömsesidig kommunikation och samarbete. Den presenterar till exempel i vilket skede och på vilket sätt kommunikationen mellan sektorerna borde ske, och vilket ansvar olika aktörer har i processen. När en vindpark etableras i Storbritannien godkänns driftsäkerhetszoner endast om det finns en tydlig motivering (FLOWW 2014).

Kollektiv kompensation har använts för den franska vindparken St. Briec, där det bestämdes att en årlig kompensation skulle utbetalas till den nationella fiskeorganisationen under två decennier, och att denna ska användas till exempel för att finansiera fiskeutvecklingsprojekt. I Storbritannien har det i några fall startats särskilda fonder som finansierar projekt av intresse för fiskenäringen, till exempel forskningsfartyg. Kompensationer har i andra exempel utbetalats till fiskare som har behövt omlokalisera sina fiskeplatser på grund av vindkraftsetablering. I fallet *North Sea Agreement* utbetalades kompensationer för avveckling av delar av fiskeflottan, och för hållbarhetsinnovationer för andra delar av flottan (Van Hoey m.fl. 2021).

I Irland har ett partnerskap tecknats mellan den största fiskeorganisationen, det viktigaste regionala rederiet och ett vindkraftsföretag, för att gemensamt utveckla en flytande vindpark vid Irlands nordvästra kust. Samarbetet initierades av fiskeorganisationen och har som mål att hitta lösningar som är ömsesidigt fördelaktiga vid utveckling av en havsbaserad vindpark, så att den inte ska ha negativ påverkan på fisket eller havsmiljön. Att involvera rederiet ska säkerställa att projektet maximerar sitt engagemang med den lokala näringen och nyttjar lokal infrastruktur. Även vindkraftsföretaget har betonat att samexistens är central för dess verksamhet, och uttryckt vikten av samarbete och en konstruktiv dialog med lokala aktörer och organisationer⁶.

⁶ <https://businessplus.ie/news/killybegs-fishermen-partner-with-swedens-hexicon-for-offshore-wind-project/>

5. Vindkraftens samexistens med vattenbruk

Vattenbruk kan tillhandahålla sjömat, som till exempel fisk, musslor, ostron och makroalger, men även bidra med foder, råvaror och biobränslen (Christie m.fl. 2014; IMPAQT 2021). Omfattningen av havsbaserat vattenbruk är i nuläget mycket liten i Sverige, vilket flera aktörer lyfter som en outnyttjad potential. Cirka hälften av konsumtionen av fisk i Europa är i nuläget importerad, och år 2014 bidrog Europa med bara tre procent av värdet på den globalt producerade akvatiska maten (IMPAQT 2021). Tillgången på lämpliga områden för vattenbruk är begränsad i många kustområden (Bocci m.fl. 2019; Buck m.fl. 2008; Buck & Langan 2017), även om platsbrist kan vara ett relativt sett mindre hinder i Sverige i nuläget.

5.1. Möjligheter för samexistens mellan vindkraft och vattenbruk

Vattenbruk i kombination med vindparker, genom odling av till exempel fisk, makroalger, musslor eller kräftdjur, har bedömts vara en av de mest lovande fleranvändningarna i europeiska hav (Bocci m.fl. 2019) och är växande i Europa (Buck m.fl. 2008; Buck m.fl. 2018; Przedzimirska m.fl. 2018; Van Hoey m.fl. 2021). Integrering av vattenbruk i vindparker kan även potentiellt öppna möjligheter för vattenbruk längre bort från kusten, och i mer vind- och vågexponerade områden (Buck m.fl. 2008; Buck m.fl. 2018; Van Hoey m.fl. 2021). Eftersom vindkraftverkens fundament är stabila även vid höga energinivåer, från till exempel vågor och havsströmmar, skulle de under vissa förutsättningar kunna användas som förankringspunkter för vattenbrukets infrastruktur. Även utrymmet mellan turbinerna kan vara gynnsamt för vattenbruk, eftersom tillträdet för andra aktiviteter är begränsat, vilket ger ett visst skydd (Buck m.fl. 2008). Till fördelar med att etablera vattenbruk längre bort från kusten räknas möjligheter till utökad produktion, minskad risk för konflikt med kustnära mänskliga aktiviteter, mindre exponering för förorening, minskad risk för negativa miljöeffekter från själva odlingsverksamheten, mer gynnsamma förhållanden för en del odlade arter, och minskad risk för sjukdomar hos de odlade arterna (Buck & Langan 2017).

Att kombinera vattenbruk med vindkraft kan ge lägre totalkostnader genom att aktiviteterna är samordnade och samförvaltade istället för att designas separat, speciellt mot bakgrund av att marin infrastruktur ofta innebär höga kostnader (men se även *Hinder* nedan; (Buck m.fl. 2018; Christie m.fl. 2014; EU 2021; Van Hoey m.fl. 2021). Enligt en aktörsundersökning förväntades mervärdet av att kombinera vindkraft och vattenbruk uppväga potentiella nackdelar (Bocci m.fl. 2019). Att utveckla vattenbruk i vindparker kan även skapa fler arbetstillfällen lokalt, till exempel genom behov av specialiserade leverantörer, utbildningsprogram, eller innovationsjobb, och därmed bidra till att stärka och utveckla kust- och fiskesamhällen (EU 2021; Van Hoey m.fl. 2021).

Vattenbruk förväntas i vissa fall även kunna ge direkta positiva effekter för miljön. Till exempel odling av blåmusslor och makroalger skulle kunna bidra till bioremediering av föroreningar och förhöjda näringshalter i havet (Kotta m.fl. 2020, m.fl. 2022; Van den Burg m.fl. 2020). Att makroalgerna tar upp näringsämnen kan ge en positiv effekt på vattenkvaliteten ifall det finns ett näringsöverskott, men kan leda till konkurrens med andra arter om halterna är på en begränsande nivå. Odling av blåmusslor och makroalger anses även kunna attrahera andra arter till området, till exempel ryggradslösa djur, fisk, fåglar och däggdjur, och bilda en skyddande livsmiljö för andra organismer. Dessa förväntade effekter för makroalgernas del baseras dock främst på teori, eftersom den praktiska kunskapen idag är liten (Van den Burg m.fl. 2020).

”Integrerat multi-trofiskt vattenbruk” (IMTA – ”*Integrated multi-trophic aquaculture*”) är en vidareutveckling av det mer traditionella vattenbruket, genom att arter från olika trofiska nivåer odlas tillsammans och med en kombination av så kallade utfodrade och extraherande arter. Extraherande arter är arter som livnär sig på organiskt och oorganiskt material, eller på biprodukter från odling av andra arter. Exempel på extraherande artgrupper är filtrerare som ostron och musslor, depositionsätare som sjöborrar, sjögurkor, och havsborstmaskar, och även primärproducenter som alger. Sådana arter fungerar som ”levande filter”, vilket kan stödja en bio-remediering, samtidigt som de har eget ekonomiskt värde. IMTA ska minska risken för negativ miljöpåverkan genom att minska den tillförsel av näring som uppstår vid vattenbruk av utfodrade arter, och därmed skapa ett mer hållbart, effektivt och cirkulärt vattenbruk (Buck & Langan 2017, kapitel 2; Buck m.fl. 2018; IMPAQT 2021). Metoden har använts i vissa länder i till exempel Asien i flera decennier, men används än så länge sällan kommersiellt i Europa. IMTA kan bidra till att optimera platsanvändningen till havs, öka den ekonomiska stabiliteten, diversifiera tillgången på odlade produkter, samt potentiellt öka den sociala acceptansen (IMPAQT 2021).

5.2. Hinder för samexistens mellan vindkraft och vattenbruk

Enligt en aktörsanalys i Tyskland visade vindkraftsindustrin begränsat intresse för fleranvändningar, såvida de inte kunde förväntas medföra tydliga fördelar och inte innebar risker. Vissa företag och föreningar var dock intresserade och positiva till att ingå i forskningsprojekt (Schupp & Buck 2017). Den praktiska erfarenheten av hur vindkraft och vattenbruk kan samexistera till havs är därmed i dagsläget mycket begränsad. Det finns flera utmaningar, vilka berör allt från hur miljökonsekvensbeskrivningar ska utformas och presenteras, till mer specifika frågor kring sjösäkerhet, risker, försäkringsaspekter, rättsliga begränsningar och affärsmodellernas bärkraft. En annan viktig fråga är att det finns ett fortsatt stort behov av kunskapsutveckling, och därmed behov av metoder för övervakning. Det kan även uppstå frågor kring social acceptans och potentiella motsättningar med andra användningar. Samlokalisering av vattenbruk och vindkraft kan innebära utmaningar för andra marina aktiviteter, eftersom till exempel fiske och sjöfart kan behöva anpassa sig. Kunskapen om potentiella kumulativa miljöeffekter är begränsad (Bocci m.fl. 2019).

Det finns i nuläget inget exempel i Nordsjön eller Östersjön där det befintliga utövandet av vattenbruk (det vill säga traditionellt vattenbruk som inte är kombinerat med vindkraft) verkar vara begränsat av vindkraftsutveckling. Representanter från vattenbruket har dock uttryckt att vindkraft prioriterats för högt i havsplaneringen, jämfört med att säkerställa hållbar livsmedelproduktion från vattenbruk. Vattenbrukets representanter har även uttryckt att vindparker från början behöver utformas så att de möjliggör samexistens, med syfte att optimera för båda verksamheterna, eftersom det kan vara komplicerat att inleda vattenbruk i befintliga vindparker som inte är designade för fleranvändning. Till exempel finns det behov av anpassade förankringsplatser, och kabeldragningen i vindparker kan försvåra påbörjandet av vattenbruk (Van Hoey m.fl. 2021). Installationer för vattenbruk kan inte heller lätt fästas på befintliga vindkraftsstrukturer, eftersom dessa som regel inte är dimensionerade för ytterligare belastning (Bocci m.fl. 2019; Schupp & Buck 2017). En kombination av vattenbruk och vindkraft kan även leda till att platsvalet blir mer begränsat, eftersom området behöver vara lämpligt och hållbart för båda typerna av användning, med avseende på till exempel vindförhållanden, strömförhållanden, vattendjup, temperatur, syrehalter och primärproduktion (Benassai m.fl. 2014). Längre ut till havs är de installationer som används för vattenbruk avsevärt mer utsatta för vågor och strömmar jämfört med vid kusten, vilket orsakar utmaningar för till exempel materialval och teknologi, och behov av (vidare)utveckling (Buck & Langan 2017; Przedzimirska m.fl. 2018). Även salthalten behöver passa de odlade arterna. En ytterligare utmaning är problematik med påväxt på installationer till havs. Det finns även farhågor för

miljörisker, om vattenbruk skulle till exempel bidra till uppblandning mellan odlade och naturliga populationer, eller på annat sätt påverkar dynamiken hos vilda populationer (Van Hoey m.fl. 2021). I dagsläget behövs fler pilotstudier för att testa olika koncept, och teknologiutveckling. Det här gäller särskilt för områden med låga salthalter och havsis, som i de inre delarna av Östersjön (Przedzimirska m.fl. 2018). Vidare behövs det utökad kunskap om vilka arter som kan vara lämpliga för odling vid kraftiga strömmar och höga vågor (Benassai m.fl. 2014).

Vid fleranvändning finns det även risk för att det uppstår skador på vindparkens strukturer, och en försäkring mot denna risk är generellt för dyr för småskaliga vattenbruksföretag (Schupp & Buck 2017). Risken att installationer för vattenbruk skulle lossna och orsaka skada i vindparken behöver också analyseras och beaktas. Vid en analys av risken för att en mussel- eller algodling skulle lossna och driva i vindparken, samt skada vindparksinstallationerna, drogs dock slutsatsen att ingen allvarlig teknisk risk kunde förväntas (Buck & Langan 2017). Det bedömdes som möjligt att de antikorrosiva färgskikt som turbinerna är skyddade med skulle kunna skadas, vilket dock på kort sikt inte förväntades leda till strukturell skada, och bedömdes kunna åtgärdas med ett anpassat schema för underhåll. Risken att en fiskodling som lossnar kan leda till skada i vindparken bedömdes vara större, så att dessa riskaspekter behöver beaktas i designen (Buck & Langan 2017).

Även om utvecklingen av vattenbruk inom vindparker fortfarande är i ett tidigt och inte ännu kommersiellt skede (Buck m.fl. 2018; Van Hoey m.fl. 2021), så finns det erfarenheter att hämta från särskilt inriktade studier och pilotprojekt (Buck & Langan 2017). Resultaten från sådana studier visade att vindkraftsutvecklare generellt inte var motiverade att initiera multi-funktionella parker, utan att styrmedel kan behövas om syftet är att gynna fleranvändningar. För vattenbrukssektorn kan odling vid havsbaserade vindparker innebära längre res- och transporttider, eftersom områden lämpliga för vindkraft oftast ligger längre ut till havs, och därmed medföra högre kostnader. En viktig anledning är att det är. Höga säkerhetskrav inom vindparker kan även öka den totala kostnadsbildningen. Havsbaserad algodling har inte tidigare ansetts vara ekonomisk försvarbar, samtidigt som det har rapporterats att vindkraftsektorn verkar vara mer intresserad av att integrera algodlingar än djurodlingar (Van Hoey m.fl. 2021). Det finns också farhågor att vindkraft kombinerad med vattenbruk skulle leda till fler skador på sjöfågel, om dessa attraheras till området och därmed i högre grad utsätts för kollisionsrisk med vindkraftverkens rotorblad (Van den Burg m.fl. 2020). En vidare aspekt att belysa är livsmedelssäkerheten, där farhågor som skulle kunna uppstå är att föroreningar läcker ur vindkraftinstallationerna, att fåglar som dör efter kollision med rotorbladen kan bidra till kontaminering av odlingen (Banach, van den Burg, & van der Fels-Klerx, 2020), eller att odlingarna ökar risken för korrosion på vindkraftverken (Van den Burg m.fl. 2020). Även om risken för sådana effekter kan

förväntas vara låg kan en samexistens av vattenbruk med vindkraft behöva planeras med beaktande av att sådana aspekter kan behöva klargöras och effekter följas upp.

5.3. Åtgärder för att främja samexistens med vattenbruk

En analys av lagstiftning i EU länder har visat att det generellt saknas lagtexter som berör samexistens mellan vattenbruk och vindkraft (Van Hoey m.fl. 2021). För att möjliggöra en utveckling av fleranvändning finns det behov av att skapa en gemensam ram för förvaltning, tillståndprocesser och övervakning av de olika aktiviteter som ingår. Sådana regelverk är i nuläget anpassade för enskilda sektorer men inte för fleranvändning (Buck & Langan 2017, Christie m.fl. 2014). För att stimulera innovation kan det vara lämpligt att rutinmässigt utreda möjligheter för fleranvändning, som en del av tillståndprocessen för havsbaserad vindkraft. Förvaltningen kunde bidra genom att säkerställa att de tillståndsförfaranden som krävs är anpassade för att kunna beakta fleranvändning, samt att det finns centrala organ som kan ge råd kring förutsättningar för och utveckling av fleranvändning. För att främja vattenbruk i vindparker rekommenderade Schupp och Buck (2017) att: inrätta fullskaliga pilotanläggningar för att utvärdera få erfarenheter inför framtida utveckling, samt att främja öppen och tydlig kommunikation mellan aktörer, till exempel kring till säkerhets- och miljöfrågor. Även betydelsen av ett tydligt regelverk för att underlätta arbetet med tillstånd, platsval och förvaltning har betonats (Schupp & Buck 2017, Buck & Langan 2017).

Havsplaneringen anses generellt vara bland de viktigaste drivkrafterna för marin fleranvändning (Bocci m.fl. 2019; Christie m.fl. 2014; Van Hoey m.fl. 2021). För att stimulera fleranvändning har det till exempel rekommenderats att havsplaneringen ska identifiera möjliga områden för fleranvändning, , samt att göra fleranvändning obligatorisk i några områden och för vissa aktiviteter (Bocci m.fl. 2019; EU 2021). Vilka effekter fleranvändning har på miljön, inklusive kumulativa effekter, kan bedömas för olika planeringsscenarier. Om fleranvändning innebär att belastningen på andra och mer känsliga områden minskar, skulle den kumulativa påverkan kunna förväntas minska vid hållbar fleranvändning. Samtidigt förväntas inte fleranvändning vara det bästa alternativet i alla situationer, och förutsättningarna behöver utvärderas och bedömas utgående från varje plats och dess särart (Bocci m.fl. 2019).

Slutligen behöver forskning och innovation stimuleras (EU 2021). Bocci m.fl. (2019) analyserade olika kombinationer av fleranvändning och rekommenderade pilotprojekt och införandet av testområden som ett sätt att förbättra kunskapsbasen och den sociala acceptansen. De föreslog även att småskaliga pilotstudier skulle

undantas från krav på fullskaliga miljökonsekvensbedömningar eller tillståndprocesser (Bocci m.fl. 2019).

När det gäller livsmedelssäkerhet är nyckelfaktorer lokaliseringen, hanteringen av de odlade arterna, samt produkttestning. Till exempel när det gäller makroalger behöver odlingen vara lokaliserad i ett område där det inte finns risk för föroreningar från landbaserade eller andra mänskliga aktiviteter, och där det finns lämpliga tillväxtförhållanden, till exempel lämpliga salt- och näringshalter (Banach m.fl. 2020; Kotta m.fl. 2022).

Box 2: Nederländernas "Multi-use Procedure" process

För att gynna fleranvändning i vindkraftsparker har Nederländerna utvecklat en särskild process, "Multi-use Procedure" (MUP). MUP är tänkt som en informell och transparent process för att effektivisera tillståndsansökan för involverade aktörer, och som ska fungera för alla typer av fleranvändningar. För att vidare underlätta arbetet finns offentliga data om till exempel miljöegenskaper och specifika förhållanden för vindparker etablerade senare än år 2013.

MUP:s omfattar fyra steg, där varje steg även har mer detaljerade delsteg. Att följa stegen ska hjälpa vindkraftsföretaget och den andra aktören att avgöra om en fleranvändning kan vara möjlig eller inte i ett visst område. Resultaten av samtliga steg dokumenteras, och vid positivt utfall kan tillstånd sökas. Fördelen med proceduren anses vara att den säkerställer att vindkraftsföretaget redan är överens med potentiella multi-aktörer när tillståndsansökan ställs, vilket ökar chansen för en bra tillståndprocess.

De fyra stegen i MUP-processen är:

1. Identifiering av om det finns tillräckligt utrymme för fleranvändning inom området (beaktande till exempel behov kring egenskaper och förhållanden, logistiska behov, potentiell matchning med befintliga vindparker)
2. Förberedande arbeten innan kontakt med vindkraftsföretaget (till exempel företagspresentation, projektbeskrivning, säkerhetsfrågor, driftbeskrivningar, tidsplanering, randvillkor, risk- och åtgärdsanalyser)
3. Överenskommelse med vindkraftsföretaget (till exempel design och ritningar, riskhanteringsplan, gemensamt uttalande om överenskommelser)
4. Tillståndsansökan (elektronisk tillståndsansökan baserade på dokumenten som har förbereds i de tidigare tre stegen, informera relevanta personer och aktörer)⁷.

5.4. Exempel på samexistens mellan vindkraft och vattenbruk

Genomförbarhetsstudier av vattenbruk i havsbaserade vindparker pågår i många länder, som Danmark, Nederländerna, Belgien, Storbritannien och USA (Buck & Langan 2017), och ett större antal EU-projekt pågår eller har genomförts under den senaste tiden (EU 2021). Tyskland är ett av de ledande länderna inom havsbaserad odling av makroalger, med pilotstudier utförda redan 1992. Den tyska havsplaneringen förordar att vindkraft kombineras med vattenbruk för att utnyttja synergieffekter (Schupp & Buck 2017). Musslor och ostron har med framgång odlats i ett flertal vindparker i Tyska bukten (Buck & Langan 2017, kapitel 2). I Tyskland har även ett flertal pilotprojekt genomförts för att testa integrerat multi-trofiskt vattenbruk (IMTA) inom vindparker. I dessa studier beräknades till exempel vilken mängd extraherande arter som skulle behöva produceras för att kompensera för näringstillförseln vid odling av utfodrade arter (se Buck m.fl. 2018 för en sammanfattning av studierna).

Box 3: Samexistens av vattenbruk med havsbaserad vindkraft i Nederländerna

Ett 6 km² stort pilotområde på 12 km avstånd från den nederländska kusten är uppdelat i sex delområden som används för olika pilotstudier. Ett exempel är Wier & Wind projektet, där målet är att utveckla en storskalig algodling med automatiserade odlingssystem som är säkert, ekologiskt hållbart och ekonomiskt lönsamt. Det nyutvecklade algodlingssystemet installerades i testområdet i februari 2022, och är ett 50 meter långt, nätbaserat system som utformats baserat på erfarenheter från musselodlingsbranschen. Olika nätstrukturer testas för att mäta hur hårt algerna sitter fast, och olika såddtekniker testas. En skördemaskin testades under tidig sommar 2022. Ett annat exempel är IMPAQT projektet, som testar ett integrerat, cirkulärt multi-trofiskt vattenbrukssystem med odling av både alger och musslor, och ett intelligent digitalt fjärrstyrningssystem, som baseras på sensormätningar av till exempel ljus, temperatur och näringshalter⁷.

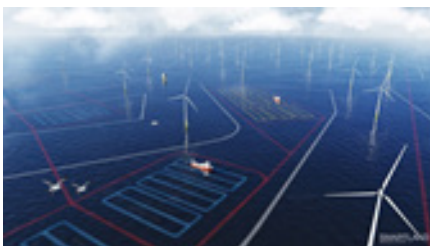


Foto: <https://www.northseafarmers.org/projects/wier-en-wind>

⁷ <http://bluegent.ugent.be/edulis>

Den nederländska regeringen har bestämt att vattenbruk ska samexistera med vindkraft, och har kategoriskt utsett befintliga vindparker som potentiella framtida vattenbruksområden. Multi-parker har stimulerats genom så kallade områdespass, som innebär att potentiell fleranvändning övervägs redan i designs- och utvecklingsstadiet. Möjliga aktörer kan sedan få ”pass” för att nyttja vindkraftsområden till specifika aktiviteter. Nederländerna har även en särskild process för att effektivisera tillståndsansökan för involverade aktörer (Box 2). Pilotprojekt kring samexistens mellan vindparker och vattenbruk pågår till exempel i Belgien och Nederländerna (Box 3 –4). I Storbritannien pågår ett projekt för att testa säkert och ekonomisk gångbart vattenbruk i samband med flytande vindkraftverk (Van Hoey m.fl. 2021).

I Danmark har ett rumsligt ”hållbarhetsindex” tagits fram för att underlätta avgränsning av potentiell lämpliga områden för musselodling i kombination med vindkraft. Indexet baseras på faktorer som behöver uppfyllas för att båda användningarna ska fungera tillsammans, i syfte att stödja optimering av platsval. Indexet kan till exempel användas inom havsplaneringen för att identifiera vilka planerade områden för vindkraft som skulle kunna vara lämpliga användningsområden, eller i vilka befintliga vindparker vattenbruk skulle kunna läggas till (Benassai m.fl. 2014).

Box 4: Musselodlingar i samexistens med havsbaserade vindparker i Belgien

Pilotprojekt Edulis (2017–2019) genomförde en större studie för att testa musselodling i samexistens med havsbaserade vindparker, vilket är en utmanande miljö med extrema förhållanden. Projektet undersökte till exempel om tillräckligt med mussellarver fäster sig på odlingsrepen, om de fäster tillräckligt hårt, och hur bra deras tillväxt var. Belastningen på installationerna mättes för att kunna dimensionera dem rätt. Studier utfördes för att utvärdera om odlingar kunde vara ekonomisk lönsamma, och hur de påverkade vattenkvaliteten. Projektet visade att det var biologisk och teknisk möjligt att odla musslor på hängande installationer i samexistens med havsbaserade vindparker på cirka 30–50 km avstånd från kusten. Musslor kunde skördas efter cirka 15 månader, vilket är cirka 9 månader snabbare än i traditionella musselodlingar. De skördade musslorna var av hög kvalitet och uppfyllde alla livsmedelskrav. Den ekonomiska lönsamheten på kommersiell skala kunde dock inte utvärderas. Det finns behov av att vidare minska tekniska risker och kartlägga operationella kostnader för att dra ekonomiska slutsatser. Projektet fastställde även att utformningen av befintliga vindparker (det vill säga sådana som inte är designade för samexistens) inte var optimala för att anlägga musselodlingar.



Foto: <http://bluegent.ugent.be/offshore-mussel-culture-wind-farms>

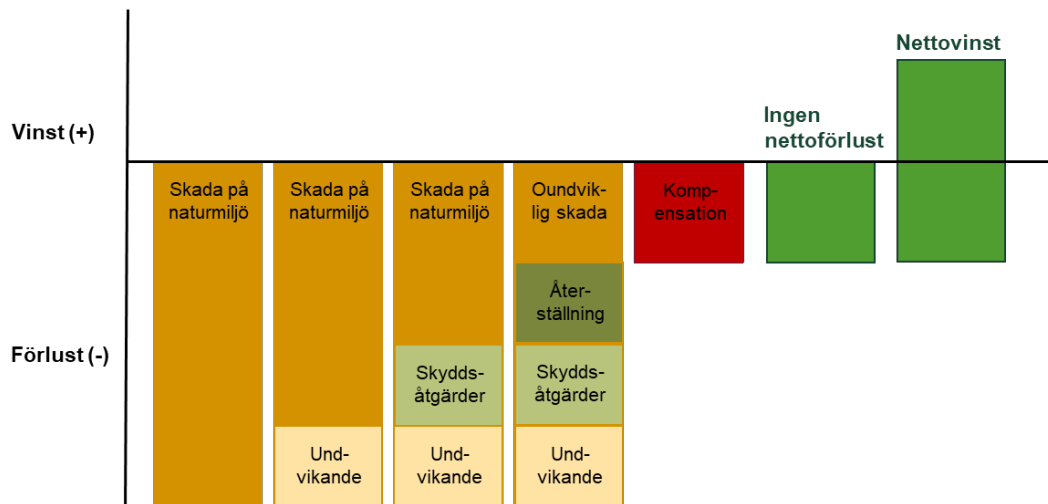
6. Vindkraftens samexistens med naturvård

Att bevara den biologiska mångfalden har ett egenvärde och är även grundläggande för att säkerställa funktionella ekosystemtjänster (Bergström m.fl. 2021). Naturvården är därmed viktig för både kortsiktiga och långsiktiga målsättningar. Vilka strategier som tillämpas inom naturvården kan variera (Stewardson & Rutherford 2008). Den kan innebära att inrätta områdesskydd för att förhindra degradering, men även olika former av aktiva åtgärder som till exempel restaurering. I vissa fall syftar en sådan restaurering till att återställa en skadad livsmiljö till ett tillstånd som motsvarar opåverkade förhållanden, medan målsättningen under andra förhållanden istället kan vara rehabilitering. I de fallen är syftet att få tillbaka viktiga nyckelfunktioner eller ekosystemtjänster, men kanske inte att helt uppnå den ursprungliga biologiska mångfalden. Andra strategier kan vara att förstärka en miljö med strukturer för att gynna vissa naturvården, eller förstärka redan existerande processer för att underlätta naturlig återhämtning (Kraufvelin m.fl. 2021).

Aspekter av hur förenlig havsbaserad vindkraft kan vara med naturvård behandlas nedan utgående från förutsättningar för samexistens med lagstadgade skyddade områden, men även med avseende på två sätt genom vilka inrättandet av havsbaserade vindparker som skulle kunna gynna naturvården under vissa förhållanden, nämligen genom indirekta skyddseffekter och så kallade artificiella rev-effekter. Slutligen behandlas även förutsättningar för naturbaserade lösningar inom vindparker.

Frågor om ekologisk kompensation är även aktuella i samband med havsbaserad vindkraft. Ekologisk kompensation ingår som en del av den så kallade skadelindringshierarkin, som är ett centralt verktyg för att säkerställa att verksamheter inte innebär negativ påverkan på miljön (Naturvårdsverket 2016). Syftet med skadelindringshierarkin är att i första hand undvika förluster av biologisk mångfald och ekosystemtjänster (Wikström & Bergström 2020), men kompensation av så kallade oundvikliga förluster är ett sista steg (Figur 2). Kompensationen innebär som regel olika naturvårdsåtgärder (Widenfalk m.fl. 2023). Målsättningen med ekologisk kompensation är att undvika nettoförluster av biologisk mångfald, och gärna skapa en nettovinst genom att utöka naturvårdsåtgärdens omfattning eller ambition. Tillämpning av verktyget ekologisk kompensation behandlas inte mer ingående i denna rapport, även om det finns

likheter mellan de metoder som används (men se till exempel Bergström m.fl. (2021) och Widenfalk m.fl. (2023)).



Figur 2. Illustration av skadelindringshierarkin, och dess relation till ekologisk kompensation, samt till begreppen ingen nettoförlust samt nettovinst. Det primära sättet att undvika skada på naturmiljö är att undvika sådana livsmiljöer som är särskilt känsliga eller sårbara. Om lokalisering kan anses lämplig är steg två att införa skyddsåtgärder för att minimera risken för skada. Om skada ändå uppstår innebär steg tre att återställa naturvärdet efter att verksamheten har utförts. Kompensation kan komma in i bilden efter det att alla möjliga åtgärder för att undvika, skydda och återställa förluster har utförts. De gröna staplarna visar utfall där kompensationen lett till att målsättningen om ingen nettoförlust uppnåtts (i det första fallet, näst längst till höger) respektive en nettovinst uppnåtts (i det andra fallet, längst till höger). Från Bergström m.fl. (2021).

6.1. Samexistens med skyddade områden

6.1.1. Möjligheter för samexistens mellan havsbaserad vindkraft och skyddade områden

I nuläget är samexistens mellan vindparker och marina skyddade områden ovanligt i europeiska havsområden. Det har dock framhållits som en potentiell acceptabel och effektiv möjlighet för att förena mål för biologisk mångfald och klimat, givet att vindkraft producerar fossilfri energi (Ashley m.fl. 2018; Christie m.fl. 2014; Kyriazi m.fl. 2016). Eftersom både vindparker och skyddade områden kan innebära begränsningar för andra aktiviteter i havet, har det även argumenterats att det kunde vara ett platseffektivt alternativ att samlokalisera dem helt eller delvis överlappande (Blyth-Skyrme 2011; Hammar m.fl. 2015; Kyriazi m.fl. 2016). Möjligheter och hinder för samexistens är dock svåra att generalisera kring utan detta behöver analyseras för varje specifikt fall.

En samordningseffekt mellan vindkraft och naturvård skulle till exempel kunna uppstå i och med att fiske ofta är tillåtet i Natura 2000-områden men inte i

havsbaserade vindparker. Om en vindpark lokaliseras i Natura 2000-området, och vissa fiskemetoder därför begränsas eller utesluts, skulle det kunna innebära att den miljöpåverkan som kommer av fiske kan minska i det skyddade området (Christie m.fl. 2014; Hammar m.fl. 2015). Samlokalisering skulle under vissa förutsättningar också kunna minska risken för socioekonomisk påverkan på fiskesektorn (Christie m.fl. 2014). Hur utfallet ser ut beror då på bland annat omfattningen av rumslig överlappning, samt på vilka typer av fisken som tillåts i samlokaliserade områden respektive skyddade områden (Blyth-Skyrme 2011).

Samlokalisering kan vara möjlig om vindparkens anläggning, drift och avveckling inte har negativ effekt på bevarandemålen för det aktuella skyddade området, även om detta kan vara svårt att fastställa och skulle förutsätta noggrann övervakning efter implementering. Om målet med ett skyddat område är att stärka en särskild art skulle en vindpark även kunna vara kompatibel med målsättningen, om den stärker tillgången på lämpliga livsmiljöer för just precis den arten (Thurstan m.fl. 2018).

En icke-överlappande lokalisering av vindparker respektive skyddade områden kunde å andra sidan vara fördelaktig ur naturvårdssynpunkt om detta medför en större total skyddad yta (Hammar m.fl. 2015). För vindkraftsföretag kan samlokalisering med skyddade områden erbjuda en möjlighet att demonstrera miljöprestanda. Det har även framförts att närvaron av personal för rutinmässigt underhåll i vindparker skulle kunna stärka efterlevnaden av områdesskyddet, då ökad risk för upptäckt kan minska sannolikheten för otillåtna aktiviteter i området (Blyth-Skyrme 2011; Christie m.fl. 2014).

6.1.2. Hinder för samexistens mellan havsbaserad vindkraft och skyddade områden

Osäkerheter kring vilken påverkan havsbaserade vindparker kan ha på den marina miljön är en central faktor för att begränsa möjligheter till samexistens mellan vindkraft och skyddade områden (Kyriazi m.fl. 2016). Även om möjliga fördelar med samlokaliseringar av vindparker och lagstadgade skyddade områden har identifierats, så finns det betydande farhågor bland olika aktörer (Blyth-Skyrme 2011) och ett utbrett motstånd mot etablering av vindparker i skyddade områden är inte ovanligt (Kyriazi m.fl. 2016). Potentiella hinder från vindkraftsektorns perspektiv kan inkludera flera och svårare villkor vid tillstånd och därmed potentiellt högre kostnader för vindkraftsprojekt i skyddade områden jämfört med andra områden (Christie m.fl. 2014; Kyriazi m.fl. 2016). Det innebär även svårare tillståndsprocesser, vilket kan innebära en högre inventeringsrisk för vindkraftsprojektören (Christie m.fl. 2014; Kyriazi m.fl. 2016).

Det kan även finnas risk att en målsättning att uppnå samexistens mellan vindparker och naturskydd kan skapa avvägningar gällande lokalisering, så att nätverket av skyddade områden presterar suboptimalt (Blyth-Skyrme 2011;

Christie m.fl. 2014; Thurstan m.fl. 2018). Vidare kan det uppstå osäkerheter kring krav på ekologisk kompensation: om dessa är nödvändiga, ifall målet ska vara ingen förlust eller nettovinst av miljövärden, hurdana kompensationsåtgärder som kan vara lämpliga, samt oklarheter kring vem som ska stå för kostnaderna på kort och på lång sikt (Kyriazi m.fl. 2016, se även Cole m.fl. 2021).

6.1.3. Åtgärder för att främja samexistens med skyddade områden

Ekologiska kompensationsåtgärder kan vara särskilt viktiga om havsbaserad vindkraft lokaliseras i skyddade områden (Widenfalk m.fl. 2023, Figur 2, ovan).

Även noggrann uppföljning kan förutsättas vara av särskild vikt. Till exempel i Storbritannien och Tyskland har vissa projekt använt en metod som benämns ”*survey, develop and monitor*” (det vill säga, “undersöka, utveckla och övervaka”) för att bemöta den osäkerhet om miljöpåverkan som förekommer innan ett projekt är färdigställt och i drift. Tillståndprocessen sker stegvis, så att en enhet av projektet först godkänns för installation. Därefter undersöks och dokumenteras effekten av den enheten på miljön, innan beslut tas om tillstånd för utbyggnad av flera enheter godkänns (Kyriazi m.fl. 2016).

6.1.4. Exempel på samexistens mellan havsbaserad vindkraft och skyddade områden

I Sveriges havsplaner utpekas områden som skulle kunna vara lämpliga för havsbaserad vindkraft, med hänsyn tagen till alla samhällsrelaterade mål där även naturvården inkluderas (Havs- och vattenmyndigheten 2022). Flera av dessa områden överlappar med Natura-2000 områden, vilket innebär att Natura-2000-tillstånd krävs för vindkraftsetablering (Havs- och vattenmyndigheten 2022; Naturvårdsverket 2017).

Möjlighet att söka tillstånd för vindparker inom lagstadgade skyddade områden finns även i ett flertal andra europeiska länder, vanligtvis kopplat till förstärkta krav på tillståndsprövning. I nuläget finns det dock bara enstaka fall där vindparker i praktiken har kombinerats med lagstadgade skyddade områden. Vindparker i och precis bredvid skyddade områden förekommer idag till exempel i Tyskland (Buck m.fl. 2018), och Belgien har nyligen beslutat att anlägga en vindpark inom ett Natura-2000 område. I flera länder ser man att vindkraftsprojektörer undviker ansökningar i skyddade områden (Kyriazi m.fl. 2015, 2016) även i Sverige.

Samlokalisering med skyddade områden har rekommenderats offentligt i till exempel i Storbritannien, för att minska risken för konkurrens om utrymme mellan olika marina aktörer, förutsatt att detta är i enlighet med områdenas bevarandemål (DECC 2009; Ashley m.fl. 2018). Ett exempel är det stora skyddade området *West of Walney Marine Conservation Zone* i England. Vindparker har etablerats inom

eller i anslutning till det skyddade området med särskilda anpassningar, och även med en förväntan att detta skulle gynna återhämtningen av havsbottnar genom att påverkan från fiske med bottengående redskap skulle minska eller upphöra inom vindparksområdet (Ashley m.fl. 2018).

6.2. Naturnytta genom indirekta skyddseffekter

Havsbaserade vindparker kan i praktiken fungera som fiskefria områden, eftersom fiske ofta är otillåtet eller starkt begränsat i dem (Bergström m.fl. 2022a,b; Boero m.fl. 2016; Glarou m.fl. 2020; Hammar m.fl. 2015; Inger m.fl. 2009; Van Hoey m.fl. 2021). FN:s havsrättskonvention medger tillämpning av en skyddszon om 500 meter runt installationer till havs (UN 1982), vilket vanligtvis används runt vindparker i Europa, även om det blir allt vanligare med justeringar nedåt (EU 2020b).

Det område från vilket andra aktiviteter utesluts kan därmed under vissa förutsättningar fungera som återhämtningsområde för fiskade arter (Bennun m.fl. 2021, Van Hoey m.fl. 2021, Kafas 2017, Van Hoey m.fl. 202). Hur betydande skyddseffekt som kan uppstå beror både på områdets storlek och lokaliseringen. Därtill påverkas effekten av vilka arter som avses, till exempel deras spridnings- och rörelsemönster och i vilken omfattning fiske utesluts (Hammar m.fl. 2015). Skyddseffekten kan förväntas vara särskilt tydlig om området är helt fiskefritt året om och för arter som är starkt påverkade av fiske i området (Bergström m.fl. 2016, 2022). Uteslutning av fiske kan även leda till att bifångster av marina däggdjur och sjöfågel minskar både med avseende på passiva och aktiva redskap (Hammar m.fl. 2015).

Fiskefria områden generellt (det vill säga när de etablerats utan samband med vindkraft) har visats kunna vara en effektiv åtgärd för att inom relativt kort tid stärka försvagade fiskbestånd i svenska kust- och havsområden, om dessa planeras och lokaliseras ändamålsenligt (Bergström m.fl. 2016, 2022b). Om mängden rovfiskar ökar kan fiskefria områden även bidra till att återställa viktiga reglerande ekosystemfunktioner (Bergström m.fl. 2016, 2022; Kraufvelin m.fl. 2022; Sköld m.fl. 2022). Om det blir en positiv nettoeffekt eller om larvtillförseln är begränsande skulle en skyddseffekt också kunna ge positiva effekter på resursarter utanför de stängda områdena, genom export av ägg och larver samt utvandring av vuxen fisk, så kallade "*spill over*"-effekter (Bergström m.fl. 2016, 2022b).

Inom en vindpark kan den skyddseffekt som kommer av att andra verksamheter utesluts även kunna gynna återhämtning av arter och livsmiljöer, om vindparken implementeras i områden som tidigare varit påverkade av dessa. Uteslutning av bottentrålning förväntas specifikt leda till att arter som är känsliga för fysisk påverkan gynnas (Bennun m.fl. 2021, Bergström m.fl. 2016, 2022b, Van Hoey m.fl. 2021).

6.2.1. Hinder för naturnytta genom indirekta skyddseffekter

Vid planering och miljökonsekvensbedömning borde eventuella förflyttningseffekter beaktas, det vill säga risken för att till exempel uteslutning av fiske från parkområdet gör att fisket flyttas till andra, eventuellt mer känsliga områden. Sådana förflyttningseffekter kan ge oönskad påverkan i de nya områdena, som till exempel mer intensivt fiske och mer omfattande påverkan på botten (Vaughan 2017). Vilka typer av fiske som tillåts inom eller utanför vindparken kan även påverka risken för bifångster av marina däggdjur och sjöfågel. Denna aspekt är i Sverige särskilt aktuell för den akut hotade östersjötumlaren, där bifångst har identifierats som ett av de viktigaste hoten (ICES 2020).

6.2.2. Åtgärder för att främja indirekta skyddseffekter

Att lokalisera vindparker i områden där en skyddseffekt skulle kunna ge högst naturnytta skulle kunna leda till indirekta positiva effekter för naturvården (Hammar m.fl. 2015, Boero m.fl. 2016). Ett exempel som ofta förekommer är områden där bottenmiljöer i dagsläget är negativt påverkade av bottentrålning (European MSP Platform 2021b; Nordic Energy Research 2021). Det är dock viktigt att då beakta eventuella förflyttningseffekter (se stycket ovan).

Studier inom vindparker har även visat att den artificiella reveffekt som uppstår vid vindkraftverkens fundament kan stärka skyddseffekten. Risken har belysts att reveffekten å andra sidan skulle kunna ge motsatt effekt vid närvaro av fiske (Bergström m.fl. 2022b), mot bakgrund av att artificiella strukturer liknande de som uppstår vid vindkraftsfundament används inom vissa fiskerier för att locka till sig fisk, och öka deras fångstbarhet (till exempel Davies m.fl. 2014).

6.2.3. Exempel på indirekta skyddseffekter

En period med uteslutning av fiske från en vindpark i Storbritannien ledde till större täthet och storlek av hummer i vindparken jämfört med referensområden och referensperioden (Roach m.fl. 2018). I en vindpark i tyska Nordsjön där fisket hade uteslutits observerades ökade antal, antal större individer och biomassa av krabbor (*Cancer pagurus*) med minskande avstånd till turbinerna (Stelzenmüller m.fl. 2021).

6.3. Naturnytta genom reveffekter

Vid installationen av en havsbaserad vindpark tillkommer det nytt, hårt substrat till området, genom vindkraftverkens fundament och erosionsskydd, medan en del av det ursprungliga habitatet (oftast mjukbotten) försvinner. Erosionsskydden anläggs runt turbinernas fundament för att säkerställa deras stabilitet, och består vanligtvis

av ett filterskikt av grus, avskärmat av ett stenlager. Genom att erosionsskyddets stenlager ökar den totala ytan av hårbotten och dessutom ger upphov till håligheter och ytor med varierad grovhet, bidrar de till att öka områdets strukturella komplexitet, så att området blir attraktivt för fler arter (Bergström m.fl. 2022a). Vid det tillförda hårda substratet kan det uppstå en artificiell reveffekt, om arter attraheras dit. Eftersom de arter som koloniserar den nya miljön som regel är typiska arter för hårda substrat kan detta ge en särskilt tydlig förändringseffekt i områden som är naturligt dominerade av mjukbottnar (Boero m.fl. 2016; De Mesel m.fl. 2015; Degraer m.fl. 2020; Glarou m.fl. 2020; Inger m.fl. 2009).

En viktig aspekt i vindparker, jämfört med andra typer av naturliga och artificiella rev är att reveffekten inte enbart uppstår nära botten utan når genom hela vattenpelaren längst vindkraftverkens fundament och torn. Sådana strukturer kan vara särskilt lockande för många fiskarter. Liknande strukturer, så kallade *fish aggregation devices*, används i vissa länder som specifika anordningar för att attrahera fiskar till fisket (Davies m.fl. 2014). Dagens erfarenheter av reveffekter kommer i huvudsak från studier kring vindkraftverk med fasta fundament. Men även för flytande vindkraftverk kan det uppstå en reveffekt vid de delar av fundamenten som är under vatten, och i viss mån vid förtöjningslinorna (Bergström m.fl. 2022a).

Reveffekten och förändringen i livsmiljö kan gynna vissa arter och missgynna andra, men leder ofta till en ökad artrikedom (Degraer m.fl. 2020, Bergström m.fl. 2022a). Ofta koloniserar de nya ytorna av strukturbildande arter, så att det i sin tur bildas biogena rev vilka kan locka till sig ännu fler arter. Även rörliga arter som fiskar och sälar kan söka skydd och leta föda vid de nya miljöerna. Reven kan därmed bilda en komplex miljö som ofta har en mångfald av ekologiska funktioner (Degraer m.fl. 2020; Fowler m.fl. 2018). Fler arter av särskilt intresse för naturvården eller som resurs, till exempel torsk och större kräftdjur som hummer och krabbor, kan gynnas om miljöförhållandena i övrigt är lämpliga (Bergström m.fl. 2022a; Degraer m.fl. 2020; Hooper & Austen 2014). Över tid kan artsammansättningen förväntas bli allt mer lik den naturliga artsammansättningen på hårda botten i närområdet (Bergström m.fl. 2022). I vissa områden, till exempel i områden med lägre salthalt som Bottniska viken, kan reveffekten förväntas bli mindre eftersom de omgivande förhållandena begränsar utbredningen av habitatbildande marina arter (Kautsky & Kautsky 2000).

I vissa områden, som i Öresund, har hårda substrat som större stenar och block tidigare extraherats för användning på land, genom så kallat ”stenfiske”. Att tillföra hårda substrat i sådana områden, i synnerhet erosionsskydd, kan i praktiken komma att representera en återställning av tidigare förlorade livsmiljöer (Bocci m.fl. 2019, Bergström m.fl. 2022a). Ett annat exempel på potentiella synergieffekter med naturvården är att filtrerande organismer, som till exempel musslor, ofta attraheras till artificiella rev. De filtrerande arterna tar upp näringsämnen genom sin föda, och

kan på det viset bidra till förbättrad vattenkvalitet genom att fungera som ”biofilter” (Bocci m.fl. 2019, Kotta m.fl. 2020, Bergström m.fl. 2022a).

Det faktum att det skapas nya hårda substrat i miljön skulle även kunna öka konnektiviteten, om flera vindkraftverk tillsammans gör att arter därmed får lättare att spridas mellan livsmiljöer (Boero m.fl. 2016; De Mesel m.fl. 2015; Degraer m.fl. 2020; Fowler m.fl. 2018; Henry m.fl. 2018). Omfattningen av effekt kan förväntas påverkas av avståndet mellan de lämpliga substraten och variera beroende på hur arternas spridningsmönster och -avstånd ser ut. Arter av marint ursprung har normalt ett längre larvstadium och en längre spridning än arter med sötvattensursprung (Berkström m.fl. 2021). Omfattningen av förändring i konnektivitet orsakad av vindparker skulle därför sannolikt se annorlunda ut i Östersjön jämfört med Västerhavet (Bergström m.fl. 2022a). Att tillföra nya habitat som kan gynna konnektiviteten skulle kunna vara extra relevant för naturvården om det kan stödja hotade eller skyddsvärda arter (Boero m.fl. 2016, Henry m.fl. 2018).

6.3.1. Hinder för –naturnytta genom artificiella reveffekter

Även om artrikedomen ofta ökar på grund av att det bildas artificiella rev, kan vissa arter missgynnas av förändringen vid en vindparksetablering, till exempel genom konkurrens eller som en effekt av bortfall av naturligt substrat. Om vindkraft etableras i områden där hårt substrat inte förekommer naturligt, utan mjukbotten dominerar, kan risken öka för att det införs arter som normalt inte är typiska för området, vilket skulle kunna medföra negativa effekter på den naturliga biologiska mångfalden (Glarou m.fl. 2020, Bergström m.fl. 2022). Artificiella rev kan i det här avseendet även påverka miljön i vindkraftverkens närområde, till exempel genom att leda till förändringar i vilka arter som födosöker i närheten och potentiellt även påverka biologiska och kemiska processer i närliggande bottnar (Dannheim m.fl. 2020). Eftersom en väldigt liten andel mjukbotten tas i anspråk av fundamenten i en vindpark kan eventuella negativa effekter på mjukbottenarter generellt inte förväntas vara relevanta på populationsnivå (Glarou m.fl. 2020, Bergström m.fl. 2022).

Om vindparkernas nettoeffekt är att främja ekologiskt oönskade eller invasiva arter kunde tillkomsten av nya substrat ge en negativ påverkan på ekosystemet (De Mesel m.fl. 2015). Det finns en viss risk för att de nya substraten och en ökad konnektivitet särskilt skulle främja oönskade, främmande arter, eller underlätta deras spridning (Dannheim m.fl. 2020; Glarou m.fl. 2020; Henry m.fl. 2018; Inger m.fl. 2009). Det har också förts fram en risk att tillförseln av helt nya typer av substrat skulle kunna främja arter med för människan oönskade ekologiska funktioner (Glarou m.fl. 2020).

6.3.2. Åtgärder för att främja artificiella reveffekter

Det har ofta föreslagits att fundamenten och erosionskydden skulle kunna utformas för att särskilt förstärka önskvärda aspekter av biologisk mångfald, till exempel främja vissa arter eller funktionella grupper, så kallad ”naturinkluderande design” (se *Naturbaserade lösningar för att stärka naturvärden*). Till exempel kan erosionskyddet modifieras så att det tillhandahåller utrymmen med en storlek eller form som passar utvalda arter (Glarou m.fl. 2020; Hooper & Austen 2014). Havsplaneringen skulle kunna bidra genom att peka ut områden för vindparker som kan förväntas ha stor potential att gynna arter som behöver stärkas, mot beaktande av till exempel reveffekten men även skyddseffekter och konnektivitet (Hammar m.fl. 2015, Boero m.fl. 2016).

I normalfallet idag ska havsbaserade installationer avlägsnas från ett område när de tas ur bruk, även vindparker. Det har dock argumenterats att det i vissa fall kan vara mer fördelaktigt för den biologiska mångfalden att låta delar som bildar artificiella rev med välutvecklade organismsamhällen vara kvar. Till exempel kan det ha etablerats lämpliga livsmiljöer för skyddsvärda arter (Fowler m.fl. 2018, Glarou m.fl. 2020). Exempelvis skulle fundamentet kunna avvecklas delvis men erosionskyddet lämnas kvar (Glarou m.fl. 2020). Samtidigt leder avveckling till att de naturliga habitaterna återställs, och att fiske inte längre hindras genom strukturerna (Birchenough & Degraer 2020). Eftersom avveckling av installationerna kan ge både negativa och positiva följd effekter är det rimligt att förutsätta att beslutet om vad som ska ske med dem utreds i varje enskilt fall. Exempel på aspekter som kan påverkas är konnektivitet, tillträde till området för andra verksamheter, förekomst av skyddsvärda eller ovanliga arter, och allmän miljöpåverkan (Fortune & Paterson 2020; Fowler m.fl. 2020).

6.3.3. Exempel på artificiella reveffekter

I vindparken Lillgrund i Öresund ökade förekomsten av flera arter av bottennära fisk redan inom ett år efter anläggning, i närområdet för enskilda vindkraftverk och upp till ett avstånd av cirka 160 meter (Bergström m.fl. 2013). I två belgiska vindparker noterades en ökad täthet av rödspätta (Buyse m.fl. 2022). Vid en vindpark i Nordsjön hade artrikedomen av fisk ökat signifikant nära turbinerna sju år efter etableringen, och antalet fiskar var något högre jämfört med ett kontrollområde. Effekten var tydlig för typiska hårbottenarter, vilket förklarades med den artificiella reveffekten, men även fiskarter typiska för mjuka bottnar fanns kvar (Stenberg m.fl. 2015). I en syntes av befintliga studier konstaterade Glarou m.fl. (2020) att erosionskydden runt vindkraftsturbiner hade ett samband med lokalt ökad fisktäthet i förhållande till referensområden i cirka hälften av de 26 analyserade studierna, och med ökad artrikedomen av fiskar i fyra av de tio studier som undersökte denna aspekt. Några studier rapporterade lägre tätheter av typiska mjukbottenarter vid fundamenten och erosionskydden. Resterande studier

rapporterade icke-signifikanta skillnader. Torsk (*Gadus morhua*) var en av de fiskarter som ofta sågs ansamlas kring anlagda erosionskydd (Glarou m.fl. 2020).

6.4. Naturbaserade lösningar för att stärka naturvärden

Så kallade naturbaserade lösningar skulle under vissa förhållanden kunna integreras i designen av havsbaserade vindparker, och kan vara särskilt lämpligt om det finns en önskan att särskilt stärka vissa arter eller typer av livsmiljö. Exempel på möjliga målsättningar kan vara att stärka förutsättningarna för hotade arter, eller för arter som bidrar till önskvärda ekosystemtjänster. Det kan vara av särskilt intresse att fokusera på så kallade ”paraplyarter” som till exempel torsk (*Gadus morhua*), eftersom åtgärder för att främja dessa samtidigt även främjar flera andra arter, eller på habitatbildande arter som blåmusslor (*Mytilus edulis/trossulus*), eftersom dessa i sin tur bildar strukturer kan attrahera många fler arter. Naturinkluderande design övervägs ibland även för att främja särskilda kommersiella arter. Designen kan användas för att skapa lämpliga livsmiljöer för sådana arter i fall där deras naturliga livsmiljö har degraderats eller minskat, eller för att stärka viktiga livsmiljöer för födosök, skydd eller reproduktion. Samtidigt måste åtgärderna undvika att bidra till spridning av främmande arter (Hermans m.fl. 2020).

Inom vindparker kan naturbaserade lösningar integreras till exempel i vindkraftverkens fundament, transformatorstationer, erosionskydd eller kabelskydd. Inom designen används med fördel naturligt material (till exempel sten, grus, sand eller trä, som eventuellt inte behöver avvecklas), nedbrytbart eller återanvändbart material (till exempel stål; Hermans m.fl. 2020). Genom valet av design anpassas storleken och formen på de strukturer som ingår så att den kan främja de önskade arterna, till exempel större strukturer för större arter, mindre för mindre arter, eller varierade strukturer för att främja olika arter och livsstadier. Erosionskydden kring fundamentet kan till exempel anpassas så att de erbjuder en mer komplex livsmiljö som kan gynna en större mångfald av arter. Att öka antalet lager av block kan gynna rörliga djur, och blockens storlek, samt avståndet mellan dem, kan anpassas (Glaerou m.fl. 2020).

Vidare föredrar olika arter olika material, och även ytornas grovhet och vinkel kan påverka vilka arter som gynnas. Grövre ytor har rapporterats främja kolonisering av fastsittande arter. Betong-grusaggregat kan användas för att utforma särskilda designer, och en blandning av material kan användas för att skapa ytterligare variation (till exempel stenblock i kombination med grus, och även till exempel syntetiska blad för att efterlikna vegetation). Att kombinera utformningen av ytornas grovhet och vinkel skulle kunna främja specifika artsammansättningar (Glarou m.fl. 2020).

På grundare vatten, där ljusförhållandena är tillräckliga, kunde designen utformas för att främja kolonisering av makroalger, vilka i sin tur kan gynna

reproduktion, täthet och artrikedom av till exempel fiskar (Glarou m.fl. 2020). Det finns även initiativ för att utveckla så kallade fiskhotell, som till exempel kan hysa fiskägg, habitatrör som kan användas som gömställe, eller så kallade ostronburar (Hermans m.fl. 2020).

6.4.1. Hinder för naturbaserade lösningar

NID är ett nytt koncept, som i dagsläget är dåligt utforskat eller analyserat. Trots att det finns teoretiska uppskattningar, saknas det praktiska erfarenheter eller empiriska data för att ta ställning till hurdana typer av NID som skulle kunna tillföra störst effekt eller ha högst ekologisk nytta (Glarou m.fl. 2020, Hermans m.fl. 2020). Kunskapen är särskilt begränsad angående användningen av NID i djupare vatten eller i samband med nyare utformningar av vindkraftverk och vindparker (Co-existence workshop 1, 2022). Det har uttryckts att den ekologiska nyttan kan komma att vara begränsad till en lokal skala, och att det är oklart om konceptet kan bidra till önskade effekter på ekosystemet. Vidare finns det en osäkerhet i om åtgärderna kommer att få det planerade utfallet, det vill säga om de arter som en viss design syftar till att stärka verkligen rekryteras dit (Hermans m.fl. 2020).

Representanter för vindkraftsektorn har uttryckt att en integrering av NID i designen av vindparker tillför osäkerheter, eftersom konceptet än så länge inte har en etablerad tillämpning, att det innebär tekniska och ekologiska risker, och även ökar projektkostnaderna (Hermans m.fl. 2020; Hooper & Austen 2014). Till de främsta tekniska riskerna anses i nuläget höra:

1. att det uppstår strukturell skada på primärstrukturen,
2. att det uppstår strukturell skada på NID-strukturen med efterföljande risk att orsaka skada i vindparken,
3. påväxt, så att NID inte längre uppfyller sin tilltänkta funktion, eller så att det uppstår ytterligare belastning på strukturen,
4. förskjutningar eller omfördelningar i NID-strukturen på grund av väderförhållanden, förändringar i bottenstratet eller otillräcklig utrustning,
5. oförutsedda kostnader.

De fem främsta ekologiska riskerna bedömdes av Hermans m.fl. (2020) vara:

1. avsaknad av ekologisk effekt på grund av otillräcklig design eller oförutsedda miljöförhållanden (kunskaps-/erfarenhetsbrist),
2. kolonisering med oönskade, främmande arter,
3. konkurrens mellan arter så att vissa målarter i stället missgynnas,
4. avsaknad av målarter så att NID inte får någon funktion,
5. att målarten i realiteten är primärt begränsad av andra faktorer än brist på struktur, som födobegränsning).

6.4.2. Åtgärder för att främja naturbaserade lösningar inom vindparker

Hermans m.fl. (2020) presenterade även ett antal möjliga åtgärder för att bemöta de tekniska och ekologiska riskerna med naturinkluderande design, och förespråkade en regelbunden övervakning för att säkerställa möjligheter till förbättrande underhåll vid behov. För att undvika risker för strukturella skador föreslog de till exempel att utforma designen i moduler, så att delar av den enkelt kan tas bort vid behov, samt att anpassa konstruktionerna med en tillräcklig marginal för att de inte ska ta skada om eventuell ytterligare belastning tillkommer. De angav även att designen kan behöva utformas specifikt med tanke på att den tilltänkta ekologiska funktionen inte ska påverkas negativt av eventuell påväxt.

För att säkerställa att strukturerna förankras ordentligt, och minimera risken för förskjutningar och omfördelningar, förutsätter installationen av naturinkluderande design stabila väderförhållanden och bottenundersökningar med tillräckligt hög upplösning, samt nära kommunikation med experter från alla relevanta discipliner samt tillsynsmyndigheter (Hermans m.fl. 2020). Författarna rekommenderade även att ha en tillräcklig buffert i projektbudgeten för eventuella oförutsedda händelser, även om de bedömde sannolikheten för ytterligare kostnader och risker som låg, förutsatt att lösningarna integreras i vindparkens utformning i ett tidigt skede av processen (Hermans m.fl. 2020). Hooper & Austen (2014) föreslog att samfinansieringsmekanismer kunde undersökas, till exempel om den naturbaserade lösningen kan bidra med betydande fördelar för fisket genom att främja vissa arter.

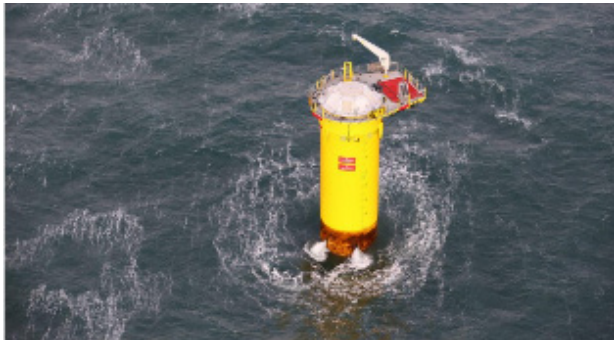
Åtgärder för att bemöta de identifierade ekologiska riskerna inkluderar att initialt testa den utvalda designen under en övergångsperiod, för att samla in erfarenheter, och därefter optimera den. För att öka chansen för att gynna de önskvärda arterna kan det vara tillrådligt att utföra själva installationen strax innan det att dessa har sin kolonisationsperiod. Andra förslag på åtgärder som omnämndes var att optimera koloniseringsytorna för de identifierade målarterna, till exempel genom att använda en ytbeläggning av skal från de önskvärda koloniserande arterna, att säkerställa att

koloniseringsytorna har lämpliga pH värden, samt att främja målarterna i närområdet med kompletterande insatser för att skapa synergieffekter. Som en viktig grund angavs att innan åtgärden göra en utförlig bedömning av de platspecifika förutsättningarna, till exempel tillgången på föda, i förhållande till målarternas ekologiska behov (Hermans m.fl. 2020).

Box 5: Exempel på projekt inom programmet "The Rich North Sea"

Turbinfundament som livsmiljö

Ett av projekten av The Rich North Sea programmet testar vilken typ av marint liv som kan trivas inuti turbinfundament av typen monopiles. Fundamentet har diameter på åtta meter och är ihåliga. Ihåligheten är en vattenfylld volym som är i kontakt med omkringliggande havsvatten genom mindre hål (0,3–1,0 meter stora). I projektet mäts olika miljövariabler som syre och temperatur, och det samlas in alger och eDNA för att



få information om hurudant organismsamhälle som etablerar sig. Installationen testas i en vindpark på 18–35 km avstånd från kusten, och utvecklingen av samhället av marina organismer kommer att följas under flera år⁸.

Foto: <https://www.derijkenoordzee.nl/en/news/turbine-foundation-design-creates-new-home-for-marine-life>

Restaurering av ostronrev

För cirka 200 år sedan var ungefär 20 procent av den nederländska havsbotten i Nordsjön täckt av ostronrev, men dessa har senare förstörts som en följd av fiske, bottenpåverkan och sjukdomar, och idag finns det knappt några rev kvar. För att testa om vindparker kan användas för att restaurera reven, och därmed även stärka artrikedomen generellt, testades en utplacering av ostron. Flera tusen ostron i ostronburar, flera hundratusen unga ostron, liksom många ton skal för att underlätta vidfästningen av ostronlarver, utplacerades på en area av fem hektar i en vindpark på 85 km avstånd från kusten. Projektet är för närvarande under uppföljning. Tillväxt och reproduktion undersöks, liksom om ostronen hållits på plats. De första resultaten visar att majoriteten av ostronen överlevde den första vintern, och fortsatte växa. Nästa uppföljning sker år 2023. Målbilden är att skapa ett ostronrev som sedan kan locka till sig andra djur som krabbor, bläckfisk, havsanemoner och hajar, och även fungera som ett biofilter i vattnet⁹.



Foto: <https://www.derijkenoordzee.nl/en/news/flat-oysters-thrive-in-wind-farm-blauwwind>

Målet med att införa naturbaserade lösningar behöver definieras tydligt, så att de planeras och anpassas på ett realistiskt sätt i förhållande till de platsspecifika förutsättningarna (Co-existence workshop 1, 2022). Det är viktigt att beräkna vilken omfattning designen behöver ha för att nå önskad ekologisk effektstorlek, till exempel utgående från det minsta antalet individer som behövs för en hållbar population, och information om reproduktion och spridningshastigheter. Att övervaka den ekologiska effekten och strukturernas integritet är särskilt viktigt under den första tiden av implementering (Hermans m.fl. 2020).

6.4.3. Exempel på naturbaserade lösningar i havsbaserade vindparker

I Nederländerna är vindkraftsföretag ålagda att påvisa genomförda insatser för att utforma och bygga vindparken på ett sätt som aktivt främjar det marina ekosystemet, naturvården och restaurering, samt ett hållbart nyttjande av inhemska arter och livsmiljöer. På det viset förväntas vindparkerna tillföra ett mervärde för naturvården. Programmet *The Rich North Sea* har analyserat möjligheter att främja biologisk mångfald i befintliga havsbaserade vindparker, med särskilt inriktning på restaurering av biogena rev (Hermans m.fl. 2020, se även Box 6–7). För att stödja utvecklingen finns även en aktuell katalog över möjliga åtgärder, med detaljerade tekniska specifikationer, samt information om dimensionering, ekologiska fördelar, schablonkostnader, leverantörer eller designer. Arbetet med att utforma NID börjar med att definiera vilka arter som ska främjas och sammanställa information om de biologiska och ekologiska kraven hos dessa, för att sedan följa den planeringsprocess och övervakning som är beskriven i Hermans m.fl. (2020). Katalogen ska stödja förvaltningens målsättning att naturinkluderande designer är ”den nya standarden” i nederländska havsbaserade vindparker.

⁸ <https://www.derijkenoordzee.nl/en/news/turbine-foundation-design-creates-new-home-for-marine-life>

⁹ <https://www.derijkenoordzee.nl/en/news/flat-oysters-thrive-in-wind-farm-blauwwind>

BOX 6: Pilotprojekt av olika fleranvändningar i europeiska havsområden

Projekt UNITED, 2020–2023, som är finansierat inom "European Union Horizon 2020" programmet, testar olika kombinationer av fleranvändningar i europeiska havsområden. I ett av pilotprojekten testas vindkraft i kombination med vattenbruk av ostron och makroalger, och med restaurering av ostronhabitat. Pilotprojektet i Belgien är det första försöket att odla ostron inom en befintlig vindpark. I projektet testas till exempel olika substrat och strukturer med avseende på deras effektivitet och kapacitet att attrahera vilda ostronlarver och skapa gynnsamma förhållanden för tillväxt av ostron. Där analyseras också vilka andra organismer som etablerar sig på konstruktionerna, inklusive potentiella främmande arter. De juvenila ostronen överförs sedan till tillväxtstrukturer för vidare odling, och även här utförs olika test för att identifiera optimala metoder. Ostronproduktionen förväntas bidra till Belgiens produktion av sjömat, och till att uppnå målen för god miljöstatus genom att ostron har en filtrerande funktion. Samtidigt ska insatsen gynna restaurering av naturliga ostronbankar, genom att odlade ostron kan främja bildandet av nya naturliga rev. På längre sikt förväntas dessa naturliga (restaurerade) rev tillföra nya ostron för användning i vattenbruk och bidra med flera viktiga ekosystemfunktioner och -tjänster¹⁰.

¹⁰ <https://www.h2020-united.eu/pilots/2-uncategorised/42-offshore-wind-and-flat-oyster-aquaculture-restoration-in-belgium>

7. Betydelsen av kommunikation och samhällsacceptans

Olika sektorer har ofta olika syn och förhållningssätt till samexistens, och det är inte ovanligt med polariseringar, beroende på sektorer eller geografiska områden. Olika uppfattningar kan även ha sin grund i till exempel tekniska och ekonomiska oklarheter kring hur förutsättningarna för samexistens ser ut (Van Hoey m.fl. 2021). Synen kan ytterligare påverkas av vilken bild som media kommunicerar, och ofta finns det skillnader mellan generell och lokal acceptans (Billing m.fl. 2022).

Aktörsengagemang har ofta framförts som grundläggande för att skapa konstruktiva relationer, gemensamma värden och social acceptans (Bennun m.fl. 2021). Detta kräver kapacitet och resurser, och en vilja att lyssna, lära och anpassa sig, men kan öppna viktiga möjligheter till att minska risker och negativa effekter. Till exempel Bennun m.fl. (2021) framhöll att det även kan spara tid och resurser i förlängningen att satsa på aktörsengagemang, genom att förebygga förseningar, protester, klagomål och stämningar senare i processen.

Van Hoey (2021) rekommenderade att processer för vindkraftsplanering ska förbättras när det gäller konsultationerna och kommunikationen med andra sektorer, som fisket och vattenbruk. Tidigt involverande och kontinuerligt samråd med olika intressegrupper framhölls som centralt, och även betydelsen av personliga möten, som komplement till större, offentliga möten.

Flera författare har betonat vikten av transparenta och strukturerade processer inom nationell havsplanering, som en bas för att nå lyckad samexistens (Bocci m.fl. 2019; Nordic Energy Research, 2021). För aktörerna har särskilt identifierats vikten att förstå vilket inflytande som kan vara möjligt i de olika planeringsstegen (Van Hoey m.fl. 2021). I tidigare processer har det framkommit kritik att, även om det har funnits samråd, så kan dessa ha ägt rum i ett för sent skede när det inte längre funnits möjlighet att till exempel påverka beslut om lokaliseringar.

Så kallade *Communities of Practise* (CoP) har visat sig kunna vara ett bra verktyg för att uppmuntra och underlätta samarbeten och fleranvändningar. I sådana deltagandeforum finns det möjlighet för aktörer att skapa informella och självorganiserade grupper med ett gemensamt intresse (“*domain*”). Grupperna kan fullfölja gemensamma aktiviteter och diskussioner, dela kunskap och erfarenheter, hjälpa varandra och hitta partners och resurser, med målet att utveckla en gemensam praxis (Oelen 2022; Steins m.fl. 2021).

För att ytterligare stärka en effektiv och transparent strategisk planering har det rekommenderats att underliggande data görs tillgänglig för alla intressenter (Bocci m.fl. 2019; Nordic Energy Research 2021). I flera länder, till exempel i Danmark, Belgien, Skottland och Norge, finns ett nationellt ansvar för att dela data (se till exempel <https://odnature.naturalsciences.be/mumm/en/windfarms/> eller <https://marine.gov.scot/>). EU (2021) rekommenderade att medlemsländerna bidrar till att stimulera marina fleranvändningar genom kommunikation samt specifika utlysningar och satsningar på forskning och utveckling.

Den centrala betydelsen av dialog, aktivt samarbete och kunskapsutbyte lyftes även i en analys av olika kombinationer av samexistens i europeiska hav. Vikten av integration och koordinering betonades, både mellan sektorer och över olika organisationsnivåer (från lokal till europeisk), liksom vikten av utbyten mellan länder för att hitta gemensamma nämnare, effektivisera förvaltningsmetoder och dela kunskap. Det kan även finnas ett behov att marknadsföra samexistens och dess fördelar, inklusive att sprida information om konceptet ”fleranvändning” (Bocci m.fl. 2019).

7.1. Exempel på satsningar på kommunikation och acceptans

I Nederländerna bestämdes inom ”*North Sea Agreement*” att upp till omkring en fjärdedel av landets havsområde ska användas för marin vindkraft. Den nederländska regeringen initierade en dialog (”*North Sea Dialogue*”) för att utveckla en ny havsplan, som involverade olika intressegrupper som till exempel fisket, naturvården, och vindkraftssektorn. Fisket var trots involvering i processen missnöjt med den slutgiltiga planen, där utrymmet av vindkraft och naturvård i havsplanen ökade, vilket ledde till att delar av fiskeflottan behövde avvecklas eller anpassas (Van Hoey m.fl. 2021). I Nederländerna organiserades även en ”*Community of Practise North Sea*” för att stimulera utvecklingen av fleranvändningsprojekt genom att föra samman intresserade aktörer, som kunde dela erfarenheter och lära från varandra (Steins m.fl. 2021).

I Skottland ansvarar regeringen för att engagera aktörer och vindkraftsutveckling på den strategiska nivån. Regeringen ansvarar även för ett program som kallas ”*Scottish Energy Research Programme*”, vilket inkluderar samarbete mellan industri, icke-statliga organisationer, lagstadgade naturvårdsorgan och andra intresserade aktörer för att identifiera kunskapsluckor och definiera ramverk för forskningsprogram. Regeringen har lagt upp liknande aktörsprogram för andra aktiviteter, som fiske och sjöfart, och ger vägledning om framgångsrik samexistens mellan vindkraft och fiske. Även vindkraftsutvecklare har krav på att engagera aktörer och samhället (Nordic Energy Research 2021).

I Belgien visade sig engagemang av aktörer vara centralt och avgörande för att mildra en begynnande konflikt mellan vindkraft och naturvård. Regeringen ville utreda förutsättningarna för etablering av en vindpark som delvis överlappade med ett Natura-2000-område. När naturvårdsorganisationer visade sig kritiska och upprörda bildades ett forum där nyckelpersoner inom naturvården, myndigheter, forskare och vindkraftssektorn kunde mötas. I en iterativ process diskuterades och utvecklades lösningar, tillsammans med forskare. Inom ett halvår hade deltagarna i forumet uppnått enighet om att vindparken kunde etableras, med naturinkluderande design och anpassad utformning, som potentiellt även kunde tillföra mervärden för naturvården (Degraer 2022).

8. Forskningsfrågor och behov av kunskapsutveckling

I detta kapitel anges forskningsfrågor som har lyfts som viktiga i litteraturen, och referenserna ger exempel på studier där dessa kunskapsluckor diskuteras. Den punktvisa sammanställningen kan vara lämplig att använda som underlag för en fortsatt diskussion och utvärdering av åtgärder som kan vara möjliga och lämpliga under svenska förhållanden, men gör inte anspråk på att vara en fullständig lista av kunskapsluckor.

8.1. Samexistens med fiske

Strategiska analyser

- Utvärdering av effekter av förlorade fiskeplatser på arbetstillfällena och fiskerirelaterade inkomster, inklusive förändringar i fiskemönster, beteende och kostnader vid omlokalisering av fiske (Berkenhagen m.fl. 2010, Van Hoey m.fl. 2021)
- Analyser ur ett helhetsperspektiv över hur vindkraftsutbyggnad påverkar fiskets ekonomi, omfattande hela kedjan från fiskets utförande, bearbetning, transport och marknadsföring; socio-ekonomiska studier av effekten på värdekedjan inklusive jobb, marknad och liknande (Van Hoey m.fl. 2021).
- Utveckling av modeller för att analysera beteendeförändringar inom fisket i framtida klimat (Bartolino m.fl. 2022; Van Hoey m.fl. 2021).
- Analyser av kumulativa effekter av att områden stängs för fiske, som beaktar en omfattande utbyggnad av vindparker tillsammans med andra mänskliga aktiviteter och skyddade områden som leder till uteslutning av fiske, även i interaktion med andra faktorer, som till exempel klimatförändringar (Berkenhagen m.fl. 2010, Van Hoey m.fl. 2021).

Anpassning och utveckling

- Innovation och utveckling av fiskeredskap som lämpar sig för fiske inom vindparker (Van Hoey m.fl. 2021).
- Innovation och utveckling vid kabelinstallation, utveckling av fiskevänliga kabelskydd och anpassningar av fartyg och redskap för fiske inom vindparker (Kafas 2017).
- Utveckling av anpassade försäkringar för fiske inom vindkraftsparker, för såväl fiske- som vindbruksföretag (European MSP Platform 2021c; Van Hoey m.fl. 2021).
- Utvärdering av möjliga former av kompensation för fisket (Van Hoey m.fl. 2021).
- Empiriska studier av kompatibiliteten mellan havsbaserade vindparker och yrkesfiske, till exempel specificering av redskap, faktorer som påverkar driftsäkerhet, och undersökning av fördelar med att dela infrastruktur (Kafas 2017).

Miljöaspekter

- Långtidspåverkan av vindparker på det lokala fisksamhällets artsammansättning, storleksfördelningar, mängden fisk, inklusive forskning om möjliga spill-over-effekter för arter (Van Hoey m.fl. 2021).
- Analys av potentiella positiva effekter av vindparker på fisket genom, till exempel, attraktion av nya arter till de nya habitaterna, eller spill-over-effekter (Berkenhagen m.fl. 2010).

8.2. Samexistens med vattenbruk

Strategiska analyser

- Design samt utveckling av regelverk (till exempel angående tillståndprocesserna) och hållbara förvaltningsstrategier för anläggningar som kombinerar vindkraft med vattenbruk eller fiske, samt långtidsstudier (Buck m.fl. 2008, Van Hoey m.fl. 2021).
- Identifiering av lovande områden för fleranvändning under olika miljöförhållanden och med avseende på socioekonomiska aspekter (Bocci m.fl. 2019).

Anpassning och utveckling

- Experimentella test av den tekniska och ekonomiska genomförbarheten i att kombinera vindkraft med vattenbruk, till exempel pilotstudier på mindre skala för att testa och utvärdera tekniska osäkerheter, stöd i processerna på vägen från utveckling till tillstånd (Van Hoey m.fl. 2021).
- Livsmedelssäkerhet hos makroalger odlade i samexistens med vindkraft (till exempel om det finns effekter av antifouling-medel eller skyddande beläggningar, allergener eller kemikalier), och potentiell fysisk påverkan av vindparkens installationer på algodlingarna (Banach m.fl. 2020).

Miljöeffekter

- Utvärdering av miljöpåverkan och kumulativa effekter för områden med vindparker respektive med områden med fleranvändning, effekter på hållbarhet, miljöaspekter och samhällsekonomiska effekter, utvärderingsmetoder för bedömning på enskilda platser, *proof-of-concept*, affärsmodeller och miljöpåverkan av vattenbruk i öppet hav jämfört med kustnära (Bocci m.fl. 2019).
- Identifiering av relevanta drivkrafter och hinder för fleranvändning, inklusive tekniska, ekonomiska, miljörelaterade och samhällsrelaterade faktorer (Bocci m.fl. 2019).

8.3. Samexistens med naturvård

Strategiska analyser

- Studier av effekter av vindparker ur ett ekosystemperspektiv, som inte fokuserar på enskilda organismer och kraftverk utan på samspel mellan arter, även över större rumsliga skalor och under lång tid (Van Hoey m.fl. 2021, Bergström m.fl. 2022a).

Anpassning och utveckling

- Studier av effekt och ekologisk nytta för olika typer av naturincluderande design (NID), till exempel genom datainsamling, pilotstudier och övervakningsprogram, samt analyser av vilka NID-alternativ som är mest kostnadseffektiva i relation till deras förväntade ekologiska effekt. Till exempel studier om effekten av olika material, storlek, form och placering av mellanrum, struktur och orientering av ytor, på olika arter och

ekosystemfunktioner och -tjänster (Glarou m.fl. 2020; Hermans m.fl. 2020).

Miljöeffekter

- Studier av om och hur fiskproduktion skulle kunna gynnas genom olika designar av erosionsskydd, samt av möjliga effekter på ekosystem (Glarou m.fl. 2020).
- Långtidsstudier kring hur uteslutning av bottentrålning påverkar återhämtningen av bottensamhällen (Van Hoey m.fl. 2021, Bergström m.fl. 2022a).
- Betydelsen av vindparkers indirekta skyddseffekter, till exempel om en skyddseffekt kan leda till spill-over-effekter, effekter på fiskbestånd eller på större rumslig skala (Van Hoey m.fl. 2021).

9. Slutord

Litteratursammanställningen visar att det finns ett brett behov av kunskap om hur förutsättningarna för samexistens mellan havsbaserad vindkraft och annan verksamhet till havs ser ut eller skulle kunna förbättras. Det finns även ett stort intresse för att diskutera dessa frågor vidare bland olika aktörer i samhället. Den här studien har fokuserat på förutsättningarna för samexistens mellan vindkraft och fiske, vattenbruk respektive naturvård. Resultaten visar att de frågor som ställs och bemöts i dessa sektorer är gemensamma för många länder. I Europa hänvisar författare i relativt hög grad behoven av utveckling till styrning på EU-nivå, gällande såväl mål för förnybar energi, bevarandemål för biologisk mångfald och livsmedelsproduktion. Analysen visar dock att frågorna om samexistens är relativt nya inom både forskning och tillämpning. Flera olika koncept och strategier för samexistens används, testas och utvärderas, men för alla studerade temaområden finns det ett tydligt behov av vidare tester och utveckling. Exempel på specifika utvecklingsområden som kan vara särskilt viktiga i Sverige är utformningen av fiskemetoder som kan användas på ett långsiktigt hållbart sätt tillsammans med havsbaserade vindparker, utveckling av vattenbruk inom vindparker, samt möjlig utveckling av naturinkluderande design för att stärka aspekter av biologisk mångfald. Att skapa nätverk och kluster för samarbete mellan aktörer från olika sektorer och discipliner lyfts av flera författare som ett lämpligt sätt att överbrygga hinder och identifiera möjliga ömsesidiga fördelar vid fleranvändning. I alla sammanhangen är uppföljning och utvärdering av risker och miljöeffekter centralt. Att öka kunskapen om vilka miljöeffekter som samexistens kan leda till skulle gynnas av att metoder för datainsamling och utvärdering integreras i utvecklingsprojekt i ett tidigt skede. Ett sådant tillvägagångssätt skulle även kunna underlätta en mer övergripande utvärdering den kumulativa påverkan i havsmiljön.

Referenser

- Florin AB, Bergström U, Ustups D, Lundström K, Jonsson, P (2013). Effects of a large northern European no-take zone on flatfish populations. *Journal of Fish Biology*. 83(4), 939-62. <https://doi.org/10.1111/jfb.12097>
- Ices (2021). Report of the Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (WGNSSK) 2021. ICES Scientific Reports. 3 (66). <https://doi.org/10.17895/ices.pub.8211>
- Ashley, M. Austen, M. Rodwell, L. & Mangi, S.C. (2018). Co-locating offshore wind farms and marine protected areas: A United Kingdom perspective. In: *Offshore Energy and Marine Spatial Planning* (pp. 246-259): Routledge.
- Banach, J., van den Burg, S., & van der Fels-Klerx, H. (2020). Food safety during seaweed cultivation at offshore wind farms: An exploratory study in the North Sea. *Marine Policy* 120, 104082. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104082>
- Bartolino, V., Erlandsson, M., Koehler, B., & Bergström, L. (2022). Potential future climate change effects on Swedish fish and fishery. Report to the Swedish Agency for Marine and Water Management.
- Benassai, G., Mariani, P., Stenberg, C., & Christoffersen, M. (2014). A Sustainability Index of potential co-location of offshore wind farms and open water aquaculture. *Ocean & coastal management* 95, 213-218.
- Bennun, L., van Bochove, J., Ng, C., Fletcher, C., Wilson, D., Phair, N., & Carbone, G. (2021). Mitigating biodiversity impacts associated with solar and wind energy development. Synthesis and key messages. Gland, Switzerland: IUCN and Cambridge, UK: The Biodiversity Consultancy.
- Bergström, L., Lagenfelt, I., Sundqvist, F., Andersson, I., Andersson, M.H., & Sigra, P. (2013). Fiskundersökningar vid Lillgrund vindkraftpark: Slutredovisning av kontrollprogram för fisk och fiske 2002–2010. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013:18
- Bergström, L., Borgström, P., Smith, H.G., Bergek, S., Caplat, P., Casini M., Ekroos J., Gårdmark A., Halling C., Huss M., Jönsson AM., Limburg K., Miller P., Nilsson L., & Sandin L. 2020. Klimatförändringar och biologisk mångfald – Slutsatser från IPCC och IPBES i ett svenskt perspektiv. SMHI och Naturvårdsverket. *Klimatologi* Nr. 56.
- Bergström, L., Bergström, U., Cole, S., Hasselström, L., Kraufvelin, P., Moksnes, P.-O., Sundblad, G., Söderqvist, T., & Wikström, S.A. (2021). Ekologisk kompensation i kustmiljön - Hur kan man uppväga förluster av biologisk mångfald och ekosystemtjänster i samband med mänsklig verksamhet i kustområdet? Naturvårdsverket Rapport 6994, Vindval.
- Bergström, L., Öhman, M., Berkström, C., Isæus, M., Kautsky, L., Koehler, B., Nyström Sandman, A., Ohlsson, H., Ottwall, R., & Schack, H. (2022a).

- Effekter av havsbaserad vindkraft på marint liv: En syntesrapport om kunskapsläget 2021. Naturvårdsverket Rapport 7049.
- Bergström, U., Sköld, M., Wennhage, H., & Wikström, A. (2016). Ekologiska effekter av fiskefria områden i Sveriges kust-och havsområden. *Aqua Reports* 2016:20.
- Bergström, U., Berkström, C., Sköld, M. (eds.), Börjesson, P., Eggertsen, M., Fetterplace, L., Florin, A.-B., Fredriksson, R., Fredriksson, S., Kraufvelin, P., Lundström, K., Nilsson, J., Ovegård, M., Perry, D., Sundelöf, A., Wikström, A., Wennhage, H. (2022b). Long-term effects of no-take zones in Swedish waters. *Aqua reports* 2022:20. Swedish University of Agricultural Sciences. 289 pp. <https://doi.org/10.54612/a.10da2mgf51>
- Berkenhagen, J., Döring, R., Fock, H.O., Kloppmann, M.H., Pedersen, S.A., & Schulze, T. (2010). Decision bias in marine spatial planning of offshore wind farms: Problems of singular versus cumulative assessments of economic impacts on fisheries. *Marine Policy* 34(3), 733-736.
- Berkström, C., Wennerström, L., & Bergström, U. (2021). Ecological connectivity of the marine protected area network in the Baltic Sea, Kattegat and Skagerrak: Current knowledge and management needs. *Ambio* 51, 1485-1503.
- Billing, S.-L., Charalambides, G., Tett, P., Giordano, M., Ruzzo, C., Arena, F., Santoro, A., Lagasco, F., Brizzi, G., & Collu, M. (2022). Combining wind power and farmed fish: Coastal community perceptions of multi-use offshore renewable energy installations in Europe. *Energy Research & Social Science* 85, 102421. [doi:https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102421](https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102421).
- Birchenough, S.N., & Degraer, S. (2020). Science in support of ecologically sound decommissioning strategies for offshore man-made structures: Taking stock of current knowledge and considering future challenges. *ICES Journal of Marine Science* 77(3), 1075-1078.
- Blyth-Skyrme, R.E. (2011). Benefits and disadvantages of co-locating windfarms and marine conservation zones; report to Collaborative Offshore Wind Research Into the Environment Ltd., London, December 2010. 37 pp.
- Bocci, M., Sangiuliano, S.J., Sarretta, A., Ansong, J.O., Buchanan, B., Kafas, A., Caña-Varona, M., Onyango, V., Papaioannou, E., & Ramieri, E. (2019). Multi-use of the sea: A wide array of opportunities from site-specific cases across Europe. *PLoS One* 14(4), e0215010. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0215010>
- Boero, F., Fogliani, F., Frascchetti, S., Goriup, P., Macpherson, E., Planes, S., Soukissia, T., Adiloglu, B., Cristens, G., & Delahaye, C. (2016). CoCoNet: towards coast to coast networks of marine protected areas (from the shore to the high and deep sea), coupled with sea-based wind energy potential. *SCIRES-it* 6, 1-95.
- Braga, F. (2020). Addressing conflicts between fisheries and offshore wind energy industry – Case-study of the WindFloat Atlantic project in Portugal. MSc thesis, Aalborg University.
- Buck, B.H., Krause, G., Michler-Cieluch, T., Brenner, M., Buchholz, C., Busch, J.A., Fisch, R., Geisen, M., & Zielinski, O. (2008). Meeting the quest for spatial efficiency: progress and prospects of extensive aquaculture within offshore wind farms. *Helgoland Marine Research* 62(3), 269-281.
- Buck, B.H., & Langan, R. (2017). Aquaculture perspective of multi-use sites in the open ocean: The untapped potential for marine resources in the anthropocene. Springer Nature.

- Buck, B.H., Troell, M.F., Krause, G., Angel, D.L., Grote, B., & Chopin, T. (2018). State of the art and challenges for offshore integrated multi-trophic aquaculture (IMTA). *Frontiers in Marine Science* 5, 165. [doi: 10.3389/fmars.2018.00165](https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00165).
- Buyse, J., Hostens, K., Degraer, S., & De Backer, A. (2022). Offshore wind farms affect the spatial distribution pattern of plaice *Pleuronectes platessa* at both the turbine and wind farm scale. *ICES Journal of Marine Science* 79(6), 1777-1786.
- Christie, N., Smyth, K., Barnes, R., & Elliott, M. (2014). Co-location of activities and designations: A means of solving or creating problems in marine spatial planning? *Marine Policy* 43, 254-261. Co-existence workshop 1 (2022): Co-existence between industries and nature when developing offshore wind farms in the Nordics. Organised by Nordic Energy Research, DNV and NIVA.
- Co-existence workshop 2 (2022): Stakeholder dialogue and partnerships. Organised by Nordic Energy Research, DNV and NIVA.
- Cole, S., Moksnes, P.-O., Söderqvist, T., Wikström, S. A., Sundblad, G., Hasselström, L., Bergström, U., Kraufvelin, P., & Bergström, L. (2021). Environmental compensation for biodiversity and ecosystem services: A flexible framework that addresses human wellbeing. *Ecosystem Services* 50, 101319. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101319>.
- Costello, C., Cao, L., Gelcich, S., Cisneros-Mata, M.Á., Free, C.M., Froehlich, H.E., Golden, C.D., Ishimura, G., Maier, J., & Macadam-Somer, I. (2020). The future of food from the sea. *Nature* 588(7836), 95-100.
- Crona, B., Wassénus, E., Lillepold, K., Watson, R.A., Selig, E.R., Hicks, C., Österblom, H., Folke, C., Jouffray, J.-B., & Blasiak, R. (2021). Sharing the seas: a review and analysis of ocean sector interactions. *Environmental Research Letters* 16(6), 063005. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac02ed>.
- Dannheim, J., Bergström, L., Birchenough, S.N., Brzana, R., Boon, A.R., Coolen, J.W., Dauvin, J.C., De Mesel, I., Derweduwen, J., & Gill, A.B. (2020). Benthic effects of offshore renewables: identification of knowledge gaps and urgently needed research. *ICES Journal of Marine Science* 77(3), 1092-1108.
- Davies, T.K., Mees, C.C., & Milner-Gulland, E.J. (2014) The past, present and future use of drifting fish aggregating devices (FADs) in the Indian Ocean, *Marine Policy* 45:163-170, <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.12.014>.
- De Backer, A., Polet, H., Sys, K., Vanelslander, B., & Hostens, K. (2019). Fishing activities in and around Belgian offshore wind farms: trends in effort and landings over the period 2006-2017. In: *Environmental impacts of offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea: making a decade of monitoring, research and innovation. Memoirs on the Marine Environment* (pp. 31-46).
- DECC (2009). UK Offshore Energy Strategic Environmental Assessment. Future Leasing for Offshore Wind Farms and Licensing for Offshore Oil & Gas and Gas Storage: Environmental Report. Department of Energy and Climate Change.
- De Mesel, I., Kerckhof, F., Norro, A., Rumes, B., & Degraer, S. (2015). Succession and seasonal dynamics of the epifauna community on offshore wind farm foundations and their role as stepping stones for non-indigenous species. *Hydrobiologia* 756(1), 37-50.

- Degraer, S. (2022). Talk at Co-existence Workshop 1: Environment-friendly and -stimulating development of offshore wind in Belgium.
- Degraer, S., Carey, D.A., Coolen, J.W., Hutchison, Z.L., Kerckhof, F., Rumes, B., & Vanaverbeke, J. (2020). Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning. *Oceanography* 33(4), 48-57.
- Depellegrin, D., Hansen, H.S., Schröder, L., Bergström, L., Romagnoni, G., Steenbeek, J., Gonçalves, M., Carneiro, G., Hammar, L., & Pålsson, J. (2021). Current status, advancements and development needs of geospatial decision support tools for marine spatial planning in European seas. *Ocean & Coastal Management* 209, 105644.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2021.105644>.
- Energimyndigheten (2021). Nationell strategi för en hållbar vindkraftsutbyggnad. Rapport framtagen i samarbete med Naturvårdsverket. ER 2021(2).
- EU (2020a). An EU Strategy to harness the potential of offshore renewable energy for a climate neutral future. Brussels.
- EU (2020b). Recommendations for positive interactions between offshore wind farms and fisheries. Brussels.
- EU (2020c). EU biodiversity strategy for 2030. Bringing nature back into our lives. Brussels.
- EU (2021). Best Practice Guidance in Multi-Use Issues and Licensing Procedures. Brussels.
- European MSP Platform (2021a). Conflict fiche 5: Offshore wind and commercial fisheries. https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sites/default/files/5_offshore_wind_fisheries_1.pdf
- European MSP Platform (2021b). Conflict fiche 8: Offshore wind and area-based marine conservation. https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sites/default/files/8_offshore_wind_conservation_0.pdf
- European MSP Platform (2021c). Conflict fiche 2: Cables/pipelines and commercial fisheries/shipping. https://maritime-spatial-planning.ec.europa.eu/sites/default/files/2_cables_fisheries-revised_0.pdf
- FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- FLOWW (2014). FLOWW Best Practice Guidance for Offshore Renewables Developments. Recommendations for Fisheries Liaison. <https://www.thecrownestate.co.uk/media/1776/floww-best-practice-guidance-disruption-settlements-and-community-funds.pdf>
- Fortune, I., & Paterson, D. (2020). Ecological best practice in decommissioning: a review of scientific research. *ICES Journal of Marine Science* 77(3), 1079-1091.
- Fowler, A.M., Jørgensen, A.-M., Coolen, J.W., Jones, D.O., Svendsen, J.C., Brabant, R., Rumes, B., & Degraer, S. (2020). The ecology of infrastructure decommissioning in the North Sea: what we need to know and how to achieve it. *ICES Journal of Marine Science* 77(3), 1109-1126.
- Fowler, A.M., Jørgensen, A.-M., Svendsen, J.C., Macreadie, P.I., Jones, D.O., Boon, A.R., Booth, D.J., Brabant, R., Callahan, E., & Claisse, J.T. (2018). Environmental benefits of leaving offshore infrastructure in the ocean. *Frontiers in Ecology & the Environment* 16(10), 571-578.
- Gephart, J.A., Henriksson, P.J., Parker, R.W., Shepon, A., Gorospe, K.D., Bergman, K., Eshel, G., Golden, C.D., Halpern, B.S., & Hornborg, S. (2021). Environmental performance of blue foods. *Nature* 597(7876), 360-365.

- Glarou, M., Zrust, M., & Svendsen, J.C. (2020). Using artificial-reef knowledge to enhance the ecological function of offshore wind turbine foundations: Implications for fish abundance and diversity. *Journal of Marine Science and Engineering* 8(5), 332, [doi:10.3390/jmse8050332](https://doi.org/10.3390/jmse8050332).
- Glemarec, G., Königson, S., & Kindt-Larsen, L. (2021). Bycatch in Baltic Sea commercial fisheries: High-risk areas and evaluation of measures to reduce bycatch. HELCOM. Golden, C.D., Koehn, J.Z., Shepon, A., Passarelli, S., Free, C.M., Viana, D.F., Matthey, H., Eurich, J.G., Gephart, J.A., & Fluet-Chouinard, E. (2021). Aquatic foods to nourish nations. *Nature* 598(7880), 315-320.
- Hammar, L., Perry, D., & Gullström, M. (2015). Offshore wind power for marine conservation. *Open Journal of Marine Science* 6(1), 66-78.
- Havs- och vattenmyndigheten (2021). Nätverk av marina skyddade områden i Sverige: Ramverk och metod för utformning och förvaltning, Havs- och vattenmyndighetens rapport 2021:12.
- Havs- och vattenmyndigheten (2022). Havsplaner för Bottniska viken, Östersjön och Västerhavet. Statlig planering i territorialhav och ekonomisk zon. <https://www.havochvatten.se/vagledning-foreskrifter-och-lagar/vagledningar/havsplaner.html>
- HELCOM (2018). State of the Baltic Sea – Second HELCOM holistic assessment 2011-2016. *Baltic Sea Environment. Proceedings* 155. <http://stateofthebalticsea.helcom.fi/about-helcom-and-the-assessment/>.
- HELCOM (2021). Baltic Sea Action Plan. 2021 update. HELCOM, Baltic Marine Environment Protection Commission. <https://helcom.fi/wp-content/uploads/2021/10/Baltic-Sea-Action-Plan-2021-update.pdf>
- Henry, L.-A., Mayorga-Adame, C.G., Fox, A.D., Polton, J.A., Ferris, J.S., McLellan, F., McCabe, C., Kutti, T., & Roberts, J.M. (2018). Ocean sprawl facilitates dispersal and connectivity of protected species. *Scientific reports* 8, 11346, [doi:10.1038/s41598-018-29575-4](https://doi.org/10.1038/s41598-018-29575-4).
- Hermans, A., Bos, O.G., & Prusina, I. (2020). Nature-Inclusive Design: a catalogue for offshore wind infrastructure. Technical Report. The Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. The Netherlands.
- Hooper, T., & Austen, M. (2014). The co-location of offshore windfarms and decapod fisheries in the UK: Constraints and opportunities. *Marine Policy* 43, 295-300.
- ICES (2020). Workshop on fisheries Emergency Measures to minimize BYCatch of short-beaked common dolphins in the Bay of Biscay and harbour porpoise in the Baltic Sea (WKEMBYC). *ICES Scientific Reports* 2(43). <http://doi.org/10.17895/ices.pub.7472>.
- ICES (2021). ICES Aquaculture Overviews. Norwegian Sea ecoregion – Aquaculture Overview. *ICES Advice* 2021. <https://doi.org/10.17895/ices.advice.9585>.
- IMPAQT (2021). IMPAQT Intelligent Management System for Integrated Multi-trophic Aquaculture. Handbook.
- Inger, R., Attrill, M.J., Bearhop, S., Broderick, A.C., Grecian, W.J., Hodgson, D.J., Mills, C., Sheehan, E., Votier, S.C., & Witt, M.J. (2009). Marine renewable energy: potential benefits to biodiversity? An urgent call for research. *Journal of applied ecology* 46(6), 1145-1153.
- IPBES (2019), Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Brondízio, E. S.,

- Settele, J., Díaz, S., Ngo, H. T. (eds). IPBES secretariat, Bonn, Germany. ISBN: 978-3-947851-20-1.
- Isæus, M., Beltrán, J., Stensland Isæus, E., Öhman, M.C., & Andersson-Li, M. (2022). Ekologiskt hållbar vindkraft i Östersjön: Slutrapport för projekt Marin MedVind–Underlag för storskalig hållbar vindkraft till havs. Naturvårdsverket rapport 7055, Vindval.
- Jacquemont, J., Blasiak, R., Le Cam, C., Le Gouellec, M., & Claudet, J. (2022). Ocean conservation boosts climate change mitigation and adaptation. *One Earth* 5(10), 1126-1138.
- Kafas, A., McLay, A. Chimienti, M., & Gubbins, M. (2014). ScotMap Inshore Fisheries Mapping in Scotland: Recording Fishermen’s use of the Sea. *Scottish Marine and Freshwater Science* 5, 17. Scotland.
- Kafas, A. (2017). MUSES Case Study 1A: Offshore wind and commercial fisheries in the East coast of Scotland. MUSES Deliverable D3.3: Case study implementation – Annex 1. Scotland.
- Kautsky, L., & Kautsky, N. (2000). The Baltic Sea, including Bothnian Sea and Bothnian Bay (chapter 8). In: Sheppard, C.R.C. (Ed.) *Seas at the millennium: an environmental evaluation 1. Regional chapters: Europe, The Americas and West Africa*. Elsevier Science Ltd.
- Königson, S., Naddafi, R., Hedgårde, M., Pettersson, A., Östman, Ö., Benavente Norrman, E., & Amundin, M. (2022). Will harbor porpoises (*Phocoena phocoena*) be deterred by a pinger that cannot be used as a “dinner bell” by seals? *Marine Mammal Science* 38(2), 469-485.
- Kotta, J., Futter, M., Kaasik, A., Liversage, K., Rätsep, M., Barboza, F.R., Bergström, L., Bergström, P., Bobsien, I., & Díaz, E. (2020). Cleaning up seas using blue growth initiatives: Mussel farming for eutrophication control in the Baltic Sea. *Science of The Total Environment* 709, 136144. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136144>.
- Kotta, J., Raudsepp, U., Szava-Kovats, R., Aps, R., Armoskaite, A., Barda, I., Bergström, P., Futter, M., Gröndal, F., & Hargrave, M. (2022). Assessing the potential for sea-based macroalgae cultivation and its application for nutrient removal in the Baltic Sea. *Science of The Total Environment* 839, 156230. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156230>.
- Kraufvelin, P., Bryhn, A., & Olsson, J. (2021). Erfarenheter av ekologisk restaurering i kust och hav. Havs- och vattenmyndigheten rapport 2020:28.
- Kraufvelin, P., Bergström, L., Sundqvist, F., Ulmestrand, M., Wennhage, H., Wikström, A., & Bergström, U. (2022). Rapid re-establishment of top-down control at a no-take artificial reef. *Ambio* 52:556-570.
- Kyriazi, Z., Lejano, R., Maes, F., & Degraer, S. (2015). Bargaining a net gain compensation agreement between a marine renewable energy developer and a marine protected area manager. *Marine Policy* 60, 40-48.
- Kyriazi, Z., Maes, F., & Degraer, S. (2016). Coexistence dilemmas in European marine spatial planning practices. The case of marine renewables and marine protected areas. *Energy Policy* 97, 391-399.
- Länsstyrelsen (2022). Vindbrukskollen v.2.4. <https://vbk.lansstyrelsen.se/>.
- Macfadyen, G., Huntington, T., & Cappell, R. (2009). Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear. UNEP Regional Seas Reports and Studies 185, and FAO Technical Paper 523. Rome.
- Maxwell, S.M., Kershaw, F., Locke, C.C., Connors, M.G., Dawson, C., Aylesworth, S., Loomis, R., & Johnson, A.F. (2022). Potential impacts of

- floating wind turbine technology for marine species and habitats. *Journal of Environmental Management* 307, 114577.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114577>.
- Naturvårdsverket (2016). Ekologisk kompensation - En vägledning om kompensation vid förlust av naturvärden. Naturvårdsverket Handbok 2016:1.
- Naturvårdsverket (2017). Förutsättningar för prövningar och tillsyn i Natura 2000-områden. Naturvårdsverket Handbok 2017:1.
- Naylor, R.L., Kishore, A., Sumaila, U.R., Issifu, I., Hunter, B.P., Belton, B., Bush, S.R., Cao, L., Gelcich, S., & Gephart, J.A. (2021a). Blue food demand across geographic and temporal scales. *Nature communications* 12, 5413. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25516-4>.
- Naylor, R.L., Hardy, R.W., Buschmann, A.H., Bush, S.R., Cao, L., Klinger, D.H., Little, D.C., Lubchenco, J., Shumway, S.E., & Troell, M. (2021b). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature* 591(7851), 551-563.
- Nordic Energy Research (2021). Accommodating biodiversity in Nordic offshore wind projects. <https://pub.norden.org/nordicenergyresearch2022-01/>.
- Oelen, J.P. (2022). Community of Practice approach in the Netherlands within cross boarder Marine Spatial Planning. Talk at co-existence workshop 2.
- Onyango, V., & Papaioannou, E. (2017). Case study 2: Marine renewables & aquaculture multi-use including the use of marine renewable energy near the point of generation (West coast of Scotland–Northern Atlantic Sea). MUSES deliverable: D3.3 - Case study implementation - Annex 4. MUSES Project. Edinburgh.
- OSPAR Commission (2021). Strategy of the OSPAR Commission for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic 2030. https://www.ospar.org/site/assets/files/1200/north-east_atlantic_environment_strategy_compiled.pdf
- Przedzimirska, J., Zaucha, J. m.fl. (2018). Multi-use concept in European Sea Basins. MUSES WP2 final report, deliverable 2.6. MUSES Project. Edinburgh.
- Ramirez-Monsalve, P. (2022). Arenas for stakeholder dialogue when developing offshore wind in the Nordics. Status and learning from existing practice. Talk at co-existence workshop 2.
- Regeringen (2022). Uppdrag om nya områden för energiutvinning i havsplanerna. <https://www.havochvatten.se/download/18.467841c617ec7248f0dbdf4d/1645017669964/ru-uppdrag-om-nya-omraden-for-energiutvinning-i-havsplanerna.pdf>.
- Roach, M., Cohen, M., Forster, R., Revill, A.S., & Johnson, M. (2018). The effects of temporary exclusion of activity due to wind farm construction on a lobster (*Homarus gammarus*) fishery suggests a potential management approach. *ICES Journal of Marine Science* 75(4), 1416-1426.
- Schupp, M.F., & Buck, B.H. (2017). Case study 1c: Multi-use of offshore windfarms with marine aquaculture and fisheries (German North Sea EEZ – North Sea). MUSES deliverable D3.3 - Case study implementation – Annex 3. MUSES project. Edinburgh.
- Sköld, M., Börjesson, P., Wennhage, H., Hjelm, J., Lövgren, J., & Ringdahl, K. (2022). A no-take zone and partially protected areas are not enough to save the Kattegat cod, but enhance biomass and abundance of the local fish assemblage. *ICES Journal of Marine Science* 79(8), 2231-2246.
- Steins, N.A., Veraart, J.A., Klostermann, J.E., & Poelman, M. (2021). Combining offshore wind farms, nature conservation and seafood: Lessons from a

- Dutch community of practice. *Marine Policy* 126, 104371.
<https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104371>.
- Stelzenmüller, V., Gimpel, A., Haslob, H., Letschert, J., Berkenhagen, J., & Brüning, S. (2021). Sustainable co-location solutions for offshore wind farms and fisheries need to account for socio-ecological trade-offs. *Science of The Total Environment* 776, 145918.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145918>.
- Stenberg, C., Støttrup, J., van Deurs, M., Berg, C.W., Dinesen, G.E., Mosegaard, H., Grome, T.M., & Leonhard, S. (2015). Long-term effects of an offshore wind farm in the North Sea on fish communities. *Marine Ecology Progress Series* 528, 257-265.
- Stewardson, M., & Rutherford, I. (2008). Conceptual and mathematical modelling in river restoration: do we have unreasonable confidence. In: *River restoration: managing the uncertainty in restoring physical habitat*. Chapter 5. <https://doi.org/10.1002/9780470867082.ch5>.
- Thurstan, R.H.; Yates, K.L. & O’Leary, B.C. (2018). Compatibility of offshore energy installations with marine protected areas. In: *Offshore Energy and Marine Spatial Planning*. Chapter 11. Routledge, London, UK.
- UN (1982). *United Nations Convention on the Law of the Sea*. United Nations Convention on the Law of the Sea (imo.org)
- Van den Burg, S.W., Röckmann, C., Banach, J.L., & Van Hoof, L. (2020). Governing risks of multi-use: seaweed aquaculture at offshore wind farms. *Frontiers in Marine Science* 7, 60. [doi: 10.3389/fmars.2020.00060](https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00060).
- Van Hoey, G., Bastardie, F., Birchenough, S., De Backer, A., Gill, A., De Koning, S., Hodgson, S., Chai, S.M., Steenbergen, J., & Termeer, E. (2021). Overview of the effects of offshore wind farms on fisheries and aquaculture. Publications Office of the European Union. Luxembourg.
- Vandendriessche, S., Derweduwen, J., & Hostens, K. (2015). Equivocal effects of offshore wind farms in Belgium on soft substrate epibenthos and fish assemblages. *Hydrobiologia* 756(1), 19-35.
- Vaughan, D. (2017) Fishing effort displacement and the consequences of implementing Marine Protected Area management – an English perspective. *Mar. Pol.*, 84 (July) (2017), pp. 228-234.
- Virtanen, E.A., Lappalainen, J., Nurmi, M., Viitasalo, M., Tikanmäki, M., Heinonen, J., Atlaskin, E., Kallasvuo, M., Tikkanen, H., & Moilanen, A. (2022). Balancing profitability of energy production, societal impacts and biodiversity in offshore wind farm design. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 158, 112087. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112087>.
- Widenfalk (under arbete). *Ekologisk kompensation som styrmedel*.
- Wikström, S., Bergström, L. m.fl. (2020). *Skydda och restaurera – så kan vi rädda kustens ekosystem*. Östersjöcentrum Policy Brief, Stockholms Universitet, Sweden.
- WEBB.pdf.Wind Europe (2022).
- Wind energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022–2026. *Wind Europe Report*. Brussels, Belgium. <https://windeurope.org/intelligence-platform/product/wind-energy-in-europe-2021-statistics-and-the-outlook-for-2022-2026/>

