



Aqua reports 2025:6

Viktiga livsmiljöer för fisk i svenska kust- och havsområden

– Stöd till tillståndsärenden för havsbaserad vindkraft

Lena Bergström, Mårten Erlandsson, Marcus C Öhman, Nataliia Kulatska, Frida Sundqvist, Ronny Fredriksson, Ulf Bergström



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för akvatiska resurser

Viktiga livsmiljöer för fisk i svenska kust- och havsområden - Stöd till tillståndsärenden för havsbaserad vindkraft

Important fish habitats in Swedish coastal and marine areas - Knowledge support for the management of offshore wind energy applications

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

Mårten Erlandsson, <https://orcid.org/0000-0002-3823-4211>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Marcus C Öhman, <https://orcid.org/0009-0003-6452-7012>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Nataliia Kulatska, <https://orcid.org/0000-0002-1825-2332>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Frida Sundqvist, <https://orcid.org/0009-0008-6395-8538>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Ronny Fredriksson, <https://orcid.org/0009-0001-6136-927X>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Ulf Bergström, <https://orcid.org/0000-0002-5478-0634>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Rapportens innehåll har granskats av:

Agnes Olin, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Birgit Koehler, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär: Länsstyrelsen i Hallands län, Dnr 1192-2024 (SLU-ID: SLU.Aqua.2024.4.1-75)

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

Rekommenderad citering: Bergström L, Erlandsson M, Öhman MC, Kulatska N, Sundqvist F, Fredriksson R, Bergström U (2025). Viktiga livsmiljöer för fisk i svenska kust- och havsområden : Stöd till tillståndsärenden för havsbaserad vindkraft. Aqua reports 2025:6. Uppsala: Institutionen för akvatiska resurser. <https://doi.org/10.54612/a.6784qlb9sk>

Publikationsansvarig: Sara Bergek, 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: 2025

Utgivningsort: Uppsala

Omslagsbild: Vindkraftverk till havs. Foto: Frida Sundqvist

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Serietitel: Aqua reports

Delnummer i serien: 2025:6

ISBN (elektronisk version): 978-91-8046-554-0

DOI: <https://doi.org/10.54612/a.6784qlb9sk>

Nyckelord: vindkraft, fisk, livsmiljöer, havsplanering, webbapplikation

© 2025 Lena Bergström, Mårten Erlandsson, Marcus C Öhman, Nataliia Kulatska, Frida Sundqvist, Ronny Fredriksson, Ulf Bergström

Detta verk är licenserat under CC BY 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

Intresset för havsbaserad vindkraft har ökat markant med samhällets ökade behov av elektrifiering och förnybar energi. Samtidigt kan etablering av vindkraft påverka det marina ekosystemet där fisk har en central roll. Idag har flera fiskarter dålig status på grund av mänsklig påverkan och det kan uppstå frågetecken kring vilka konsekvenser en storskalig utbyggnad kan ha. Kunskapsläget om hur fisk kan påverkas av havsbaserad vindkraft är fortfarande inte tillräckligt utvecklat för att dra generella slutsatser - hur fiskar kan påverkas av vindparkerna förväntas variera både geografiskt och på en mer lokal skala, på grund av skillnader i artsammansättning, fiskmängder och livsmiljöer. För att få en så god och samlad bild som möjligt är det viktigt både med rumslig information och riskanalyser.

Den här rapporten ger en samlad bild av utbredningen av vanligt förekommande fiskarter i svenska kust och hav, kunskapsläget kring den rumsliga utbredningen av viktiga livsmiljöer för fisk och en översiktlig bedömning av hur fisk kan komma att påverkas av havsbaserad vindkraft. Rapporten inleds med en beskrivning av vanliga fiskarter i Sveriges olika havsbassänger, från Bottenviken till Skagerrak, mot bakgrund av geografiska skillnader och framför allt skillnader i salthalt. Därefter ges en sammanfattning de vanligaste metoderna för att ta fram kartor för att ge en mera detaljerad bild av viktiga livsmiljöer för fisk. Möjligheten att ta fram tillförlitliga kartunderlag varierar dock mellan arter, på grund av skillnader både i datatillgång och arternas biologi. I samband med framtagandet av den här rapporten har ett antal befintliga kartunderlag sammanställts till ett enhetligt format anpassat för hantering av vindkraftsärenden. Resultaten presenteras i ett kartverktyg (webbapplikation) för att hjälpa användaren att utforska underlagen och jämföra dem med planerade eller tilltänkta områden för havsbaserad vindkraft.

I dagsläget innehåller kartverktyget data för 58 arter, men ytterligare information kan komma att läggas till i takt med att nya kartor kvalitetssäkras eller tas fram. De flesta kartunderlagen representerar uppväxtområden för fisk, framför allt för bottennära eller bottenlevande arter. I verktyget ingår även kartor för lekområden och viktiga livsmiljöer för vuxen fisk. Inga befintliga kartunderlag beskriver viktiga vandringsområden på grund av otillräckligt dataunderlag för att ta fram dessa. Endast ungefär hälften av de arter som klassas som hotade finns representerade i kartorna.

Områden som identifieras som särskilt viktiga för fisk kan i vissa fall behöva undantas från vindkraftsetablering, medan det i andra fall snarare kan krävas hänsyn genom att anpassa årstid för byggnation, vindparkens design, eller skötsel. Centrala aspekter för de avgöranden som kan behöva göras är vindparkernas planerade utformning, möjligheter att använda skadelindrande åtgärder och fortsatt kunskapsutbyggnad om vindkraftens effekter på fisk. En mer utförlig genomgång av dessa faktorer är utanför målsättningarna för denna rapport, men rapporten ger en sammanfattning och orientering. I takt med att kunskap sammanställs skulle sådan information även kunna inkorporeras i kartverktyget för att underlätta lokalt anpassade riskanalyser. Även om underlagen är anpassade för vindkraftsärenden kan de även stödja andra syften, till exempel inom fiskförvaltning, områdesskydd, eller tillstånds- och dispensärenden gällande byggandet av andra strukturer i vattnet och annan vattenverksamhet.

Summary

Interest in offshore wind energy has increased significantly with society's growing need for electrification and renewable energy. At the same time, offshore wind energy production can have an impact on the marine ecosystem, in which fish play a central role. Today, several fish populations are degraded due to human impacts, raising questions about the consequences of large-scale offshore wind development. Knowledge of how fish may be affected by offshore wind energy is not yet sufficiently developed to draw generalised conclusions - how fish are affected by wind farms is likely to vary both geographically and at a more local scale due to differences in species composition, fish abundance and habitats. Both spatial information and risk analysis are important to provide the best possible overall picture.

This report provides an overall picture of the distribution of common fish species in Swedish coasts and seas, the state of knowledge of the spatial distribution of potentially important fish habitats, and a general overview of how fish may be affected by offshore wind energy. The report begins with a description of common fish species in Sweden's different sea basins, from the Bothnian Bay to the Skagerrak, reflecting geographical and salinity differences. It then summarises the most common methods used to produce maps to give a more detailed picture of important fish habitats. However, the ability to produce reliable map data varies between species due to differences in both data availability and species biology. In the present study, results from recent marine mapping projects of relevance for Swedish coastal and marine areas have been brought together in a coherent format. The results are presented in a mapping tool (web application) to help the user explore the data and compare it with planned or proposed offshore wind energy areas.

The mapping tool currently contains data for 58 species, but additional information can be added as new maps are quality assured or developed. Most of the map layers represent fish nursery areas, particularly for demersal and benthic species. The tool also includes maps of spawning areas and adult habitats. There are no maps of important migratory areas due to a lack of suitable data. Only about half of the species classified as threatened are represented in the maps.

Areas identified as important fish habitats may in some cases need to be excluded from wind energy development, while in other cases mitigation measures may be required, such as avoiding construction during certain seasons and adjusting the design or management of the wind farm. Key issues to consider in making such decisions include the proposed design of the wind farm, the appropriateness of mitigation measures, and developing knowledge of the effects of wind energy on fish. A detailed review of these issues is beyond the scope of this study, but the report provides an overview and guidance. As knowledge develops, such information could also be incorporated into the mapping tool to facilitate localised risk analysis. Although tailored to wind energy applications, the data may also support other purposes such as fish management, site protection, or permit and exemption applications for the construction of other in-water structures and other water activities.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	6
2.	Fiskar och fiskars livsmiljöer i Sverige i de olika havsbassängerna	8
2.1	Bottenviken	9
2.2	Bottenhavet	10
2.3	Egentliga Östersjön	11
2.4	Öresund	12
2.5	Kattegatt och Skagerrak	12
3.	Rumsliga underlag om viktiga livsmiljöer för fisk	15
3.1	Metoder för att ta fram utbredningskartor	16
3.2	Översikt av befintliga rumsliga underlag för svenska havsområden	19
3.3	Bearbetningar av kartlagren för presentation	21
3.4	Presentation av kartverktyget	23
4.	Tillgängliga kartor - utvärdering av deras sammansättning och täckning	26
4.1	Geografisk täckning	26
4.2	Täckning över olika artgrupper och typer av livsmiljöer	26
4.3	Arter och livsmiljöer som omfattas respektive saknas	27
5.	Vindparkers utformning och möjlig påverkan på fisk	29
5.1	Hur kommer kommande vindparker att utformas?	29
5.2	Översikt av infrastruktur som kan påverka fisk	30
5.3	Möjliga effekter på fisk	33
6.	Sammanfattande diskussion	38
	Referenser	40
	Tack	48

1. Inledning

Havsbaserad vindkraft har haft en stark tillväxt globalt under de senaste tio åren som en följd av en växande efterfrågan på energi i samhället, klimatförändringar och behov av förnybar energi (Diaz and Guedes Soares 2020, IPCC 2023, GWEC 2024). Utvecklingen i Sverige är för närvarande jämförelsevis långsam. I dagsläget är Lillgrund i Öresund den enda större havsbaserade vindparken i Sverige, medan fyra ytterligare parker har tillstånd för etablering i tre havsområden inklusive Skagerrak, Kattegatt, respektive södra Östersjön. Ytterligare områden är av intresse för vindkraftsetablering, och flera tillståndprocesser pågår i Västerhavet och Bottniska viken¹. Den stora omfattningen av ärenden som berör etablering av havsbaserad vindkraft ställer stora krav på myndigheter och aktörer att ta fram välgrundade beslutsunderlag som baseras på en så samlad bild som möjligt (Länsstyrelserna Sverige 2021, Bergström m.fl. 2022, Malafray och Öhman 2022). Parallellt med Sveriges målsättningar för energiproduktion behöver åtaganden för att stärka havsmiljön säkerställas, vilka innebär såväl behov att öka skyddet av värdefulla miljöer, restaurering och minskad belastning på havet (EU 2024, Havs- och vattenmyndigheten 2021).

Eftersom etablering av stora vindparker till havs skulle kunna påverka fiskpopulationer (Bergström m.fl. 2022, Öhman 2023) är det viktigt att beakta risker för fiskebestånd i samband med deras etablering och drift. Ett flertal fiskarter i Sverige har dessutom svag beståndsstatus i dagsläget, som en följd av till exempel överfiske, fysisk påverkan på viktiga livsmiljöer och övergödning (HELCOM 2023, Havs- och vattenmyndigheten 2024). De största riskerna för fisk uppstår generellt under anläggningsfasen av vindkraft. Vad gäller driftsfasen indikerar de studier som finns att effekterna av havsbaserad vindkraft kan vara antingen gynnsamma, missgynnsamma eller neutrala för olika fiskarter (Gill m.fl. 2025, se även avsnitt 5). Därtill skulle avvecklingsfasen kunna inverka på fisk även om informationen kring det är begränsad då endast få vindparker i dagsläget har avvecklats. Fiskar kan även påverkas indirekt, till exempel genom att förutsättningarna för att utöva fiske eller andra aktiviteter som påverkar fiskar eller deras livsmiljöer förändras, eller genom att vindparken leder till förändrade samspel mellan arter (Koehler och Bergström 2023, Bergström m.fl. 2022).

¹ En uppdaterad bild finns på vindbrukskollen, se <https://vbk.lansstyrelsen.se/>

Kunskapsläget om hur fisk kan påverkas av havsbaserad vindkraft är fortfarande inte tillräckligt utvecklad för att ge en heltäckande bild, vilket gör det svårt att dra generella slutsatser (Gill m.fl. 2025). Det är dock klarlagt att den lokala livsmiljön i anslutning till respektive enskilt vindkraftverk är förändrad under den tid som vindparken är i drift, framför på grund av att nya hårda strukturer tillförs (Degraer m.fl. 2020, Öhman 2023). Hur fiskar kan förväntas påverkas av vindparkerna kommer sannolikt att variera beroende på vilket område som berörs, på grund av geografiska och lokala skillnader i artsammansättning, fiskmängder och livsmiljöer (Bergström m.fl. 2022, Öhman 2023). För att ge en så god samlad bild som möjligt är det därför viktigt både med planeringsunderlag som inbegriper rumslig information och riskanalyser (Hammar m.fl. 2020, HELCOM 2021, Abramic m.fl. 2022, Piet m.fl. 2023, Erlandsson m.fl. 2024).

Kartor som visar den rumsliga utbredningen av olika fiskarter eller deras livsmiljöer är basen för att kunna identifiera områden som kan behöva undantas från etablering av vindkraft på grund av naturhänsyn, men också för att identifiera behov av villkor i samband med en exploatering (Isaeus m.fl. 2022, Malafry och Öhman 2022). Det är viktigt att planeringen beaktar möjliga effekter på hotade eller känsliga arter, och på särskilt viktiga livsmiljöer för fiskars lek, rekrytering, vandring och uppväxt (HELCOM 2021).

Under senare år har ett antal rumsliga underlag om viktiga livsmiljöer för fisk tagits fram för svenska vatten, som ett resultat av särskilda satsningar inom havsplaneringen, den nationella marina karteringen samt andra uppdrag och forskningsprojekt (Erlandsson m.fl. 2021, 2024, HELCOM 2021, Fredriksson m.fl. 2021). De har dock inte tillgängliggjorts samlat, eller analyserats i förhållande till hur väl de kan fungera för att stödja tillståndsprocesser för havsbaserad vindkraft.

Den här rapporten ger en översikt av vanliga fiskarter i svenska kust och hav, samt om kunskapsläget kring den rumsliga utbredningen av viktiga livsmiljöer för fisk. Rapporten inleds med en beskrivning av vanliga fiskarter och livsmiljöer i Sveriges olika havsområden (Avsnitt 2). Därefter presenteras de vanligaste metoderna för att ta fram rumsliga underlag om fiskars utbredning, liksom ett kartverktyg som har utvecklats inom det här projektet för att hjälpa användaren att utforska underlagen och jämföra dem med planerade eller tilltänkta områden för havsbaserad vindkraft (Avsnitt 3). Resultaten är tänkta att användas tillsammans med annan information för att ta fram områdesspecifika analyser. Rapporten ger även en bild av vilka fiskarter och områden som det finns rumsliga underlag för i dagsläget, och vilka arter och områden som kan behöva prioriteras för kartläggning framöver (Avsnitt 4). I slutet av rapporten ges en översikt av vindparkers utformning och möjlig påverkan för fisk (Avsnitt 5). Rapporten avslutas med en kort sammanfattande diskussion.

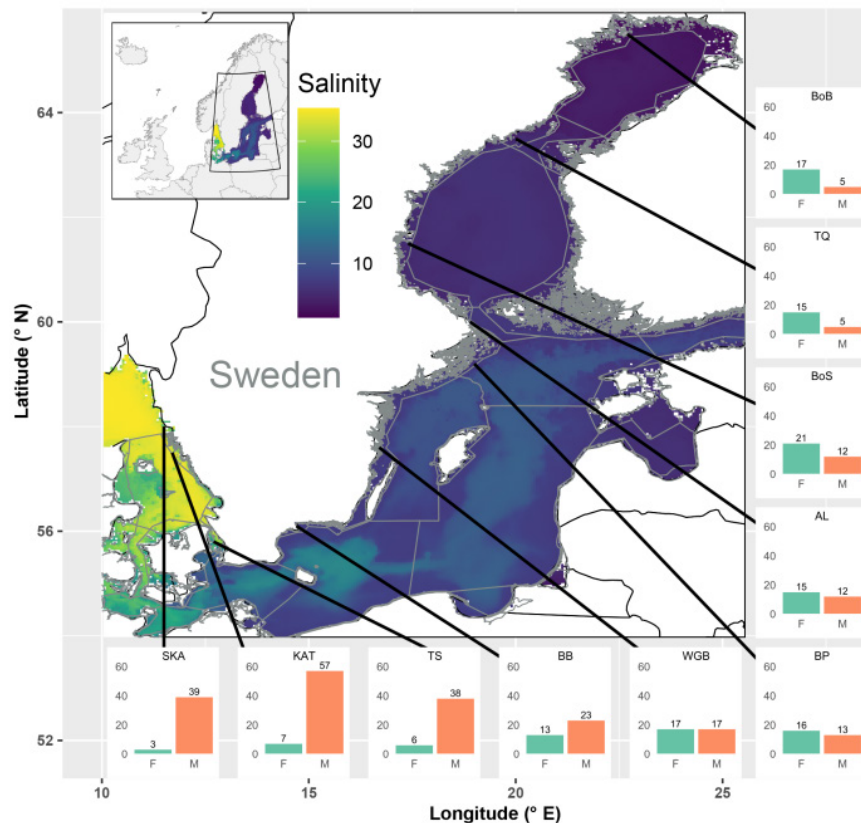
2. Fiskar och fiskars livsmiljöer i Sverige i de olika havsbassängerna

I denna del beskrivs översiktligt vanligt förekommande fiskarter och deras livsmiljöer i Sveriges olika havsområden, som kännetecknas av markant olika salthalter. Totalt har över 250 fiskarter påträffats i svenska hav och kustområden, varav omkring 140 arter är vanligt förekommande (Koehler m.fl. 2022, SLU Fiskbarometern 2024). Fiskarterna varierar i sina behov och preferenser när det kommer till livsmiljöer, vilket kan karaktäriseras utifrån ett flertal olika aspekter, till exempel vilka djup de föredrar och om de i huvudsak lever nära botten eller i öppet vatten, samt hur nära kusten de normalt förekommer (Kraufvelin m.fl. 2018², Havs- och vattenmyndigheten 2022, Erlandsson m.fl. 2024). Vissa fiskarter kan ha väldigt specifika och andra mer generella preferenser. Hur en viss art interagerar med sin livsmiljö kan även variera mellan olika livsstadier (Sanchez-Hernandez m.fl. 2019). Inom samma art kan exempelvis unga fiskar föredra en typ av livsmiljö (uppväxtområde) medan äldre fiskar gör andra val (vuxenområde). Flera fiskarter gör också vandringar mellan livsmiljöer, till exempel för lek eller för att söka föda.

En relativ tydlig funktionell indelning av fiskarter är hur de förhåller sig till botten respektive öppet vatten. Olika fiskarter karaktäriseras då som att vara antingen pelagiska (frivattenlevande, det vill säga som framför allt lever i öppet vatten), demersala (bottennära) eller bentiska (bottenlevande), även om det förekommer variationer mellan dessa grupper för en del arter. Pelagiska fiskarter, till exempel makrill (*Scomber scombrus*), skarpsill (*Sprattus sprattus*) och sill (*Clupea harengus*; som kallas strömming norr om Kalmarsund) är ofta i rörelse för att söka föda såsom plankton och småfiskar, eller för att flytta mellan födosöks- och lekområden. Demersala fiskar lever i anslutning till botten där de finner sin huvudsakliga föda, vilken kan bestå av till exempel musslor, maskar och kräftdjur. Ett flertal av dessa arter, som till exempel torsk (*Gadus morhua*), rör sig relativt fritt mellan botten och öppet vatten. Typiska bottenlevande fiskar är olika arter av plattfisk, till exempel skrubbskädda (*Platichthys flesus*) eller rödspätta (*Pleuronectes platessa*).

² Se även [FishBase : A Global Information System on Fishes](https://www.fishbase.org/)

Sverige har en av Europas längsta kuststräckor med stor variation vad gäller vattenmiljö. Längs den svenska kusten varierar artrikedomen starkt, framför allt på grund av stor variation i salthalt mellan olika havsbassänger (Kullander m.fl. 2012, Koehler m.fl. 2022). Salthalten förändras successivt från nära på fullt marina förhållanden i Skagerrak till i princip sötvattensförhållanden i Bottenviken, med den kraftigaste minskningen i salthalt vid Öresund. Förändringen återspeglas i vilka typer av fiskar som påträffas (Figur 1).



Figur 1. Skillnader i salthalt påverkar vilka fiskarter som förekommer inom olika havsbassänger längs Sveriges kuster. Bilden illustrerar hur antalet fiskarter minskar med minskande salthalt, baserat på data för kustområden grundare än 30 meter. Framför allt minskar de marina arterna längre in i Östersjön. F = sötvattensarter, M = marina arter. Bassängerna är kodade enligt SKA: Skagerrak; KAT: Kattegatt; TS: Öresund; BB: Bornholmsbassängen; WGB: västra Gotlandsbassängen; BP: Norra Egentliga Östersjön; AL: Ålands hav; BoS: Bottenhavet; TQ: Norra Kvarken; BoB: Bottenviken. Artantal som anges i figuren är standardiserade värden som beaktar skillnader i övervakningsintensitet mellan olika delområden. Källa: Koehler m.fl. (2022).

2.1 Bottenviken

Bottenviken är Sveriges nordligaste havsbassäng, med en låg salthalt på omkring 2–4 (psu). Den karakteriseras av ett stort sötvattensutflöde från älvar, det långa avståndet till saltvattensinflöden från Nordsjön, samt av att vara förhållandevist

grunt. Bassängen har ett medeldjup på 43 meter och täcks av is under stora delar av vintern.

En del av Bottenvikskusten består av Norrbottens skärgård där Haparanda skärgårds nationalpark ingår. Det finns flera utsjöbankar som till exempel Marakallen, Rata Storgrund, Klockgrundet, Svalans grund och Falkens grund. Ute till havs har grunda bankar ofta större biologisk mångfald än omgivande djupare vatten (Naturvårdsverket 2010) vilket är en anledning till att flera utsjöbankar har identifierats som skyddsvärda. Bottenviken gränsar i söder till Norra Kvarken som endast är 25 meter på det djupaste stället och bildar en undervattenströskel mellan Bottenviken och Bottenhavet. Detta område är även en nordlig utbredningsgräns för flera marina arter (Havs- och vattenmyndigheten 2022).

I öppet vatten kan fisksamhället i Bottenviken beskrivas som jämförelsevis enkelt med få samspelande arter (Pekcan-Hekim m.fl. 2013, Kuosa et al 2017, Koehler m.fl 2022; Fig. 1). Som en följd av den låga salthalten återfinns ett flertal sötvattensarter av fisk, även längre ut från kusten, som till exempel gädda (*Esox lucius*), abborre (*Perca fluviatilis*), mört (*Rutilus rutilus*), gös (*Sander lucioperca*), harr (*Thymallus thymallus*), sik (*Coregonus maraena*) och siklöja (*C. albula*) (Thorman and Wiederholm 1986, Håkansson m.fl. 1996, Havs- och vattenmyndigheten 2022). Vandrande arter som lax (*Salmo salar*) och öring (*S. trutta*) leker i älvar och andra vattendrag, men vandrar till hav och brackvatten för födosök under uppväxtperioden. Arter av marint ursprung i Bottenviken är främst strömming, och till viss del även skarpsill och kusttobis (*Ammodytes tobianus*). De främsta kommersiella fiskarterna är strömming och siklöja, där den sistnämnda fiskas i synnerhet under lekperioden för rommens skull (Parmanne 1998, Rova och Carlsson 2001).

2.2 Bottenhavet

Även Bottenhavet, som ligger söder om Bottenviken, är till stor del påverkad av sötvattensinflöden från älvarna, speciellt inom den svenska delen av havsbassängen. Salthalten är omkring 5–6.

Viktiga utsjöbankar i Bottenhavet är bland annat Storgrundet, Finngrundets östra bank, Finngrundets västra bank och Vänta litets grund (Naturvårdsverket 2010, Länsstyrelsen 2014). Bottenhavet gränsar till Egentliga Östersjön i söder genom Södra Kvarken och Ålands hav.

Dominansen av sötvattensarter är påtaglig även i Bottenhavet (Koehler m.fl. 2022; Fig. 1). Av de marina fiskarna är strömming en central art i ekosystemet. Flera andra arter med marint ursprung har sin nordligaste gräns i Bottenhavet. Dessa förekommer endast sporadiskt, till exempel torsk, eller i lägre grad än längre söderut, till exempel skarpsill och östersjöflundra (*Platichthys solemdalii*). Bottenhavet är också ett viktigt område för uppväxande och vandrande lax.

Förändringar i klimat, minskande salthalt och ökat fisketryck har sammankopplats med relativt stora förändringar hos många arter i Bottenhavets ekosystem under de senaste decennierna (Faithfull och Bergström 2025). En minskad förekomst av stor strömming har uppmärksamats under senare år, med koppling till ett ökat fisketryck (Gilljam m.fl. 2022). En ökad förekomst av storspigg (*Gasterosteus aculeatus*) har lett till stora konsekvenser för ekosystemet både i utsjön och kustnära områden (Eklöf m.fl. 2020, Olin m.fl. 2022).

2.3 Egentliga Östersjön

Egentliga Östersjön sträcker sig från Ålands hav till södra Öresund. Salthalten i ytvattnet är omkring 6–9 och ökar ju närmare man kommer Öresund. Antalet marina arter är högre än i Bottenhavet, men klart lägre än i fullt marina miljöer (Koehler m.fl. 2024). Salthalten varierar också i djupled, vilket påverkar vilka arter som kan förekomma på olika djup. Salthalten kan vara omkring 11–14 närmare botten. Området som helhet består av ett flertal mer eller mindre avgränsade bassänger och ett flertal utsjöbankar där bland annat Hoburgs bank och Midsjöbankarna är områden med höga biologiska värden (Naturvårdsverket 2010, Länsstyrelsen 2021).

Det Egentliga Östersjön är starkt påverkat av övergödning, vilket har lett till ökad syrebrist över stora delar av dess botten och bottenvatten (Almroth-Rosell m fl. 2021, HELCOM 2023). En annan bidragande orsak är att det bildas en så kallad haloklin mellan de grundare och djupare vattensikten, på grund av deras olika salthalter. Det här leder till ett lågt utbyte av vatten i djupled som försvårar syresättning av havsbotten. Syrebristen begränsar det marina livet genom att tillgången på lämpliga livsmiljöer minskar, och med dem till exempel viktiga områden för fiskreproduktion och för produktion av arter som är viktig föda för fisk. I nuläget har en yta av Östersjöns botten som är större än Danmark antingen syrebrist (hypoxi) eller saknar syre helt (anoxi) (HELCOM 2023).

Liksom i Bottenviken och Bottenhavet domineras syresatta delar i Egentliga Östersjön av mjukbottenmiljöer. Även om artantalet är lågt jämfört med en fullt marin miljö så kan vissa arter som är viktig föda för fisk återfinnas i stora mängder, som olika typer av kräftdjur, maskar och musslor. De grundare bottenmiljöerna har ofta en relativt sett större strukturell variation som kan ha en högre biologisk mångfald. Här möjliggör tillgången på ljus vegetationsklädda miljöer som är viktiga både för fisk och dess föda.

Vanliga pelagiska fiskarter i Egentliga Östersjön är sill/strömming och skarpsill. Ytterligare pelagiska arter är till exempel lax, näbbgädda (*Belone belone*) och nors (*Osmerus eperlanus*), som är mer vanlig nära kusterna. Storspigg är vanlig i den pelagiska miljön under stora delar av året. Bottennära (demersala) arter återfinns både i grunda kustnära områden och i djupare vatten. I utsjön är torsk den vanligaste

bottennära arten, men även till exempel vitling (*Merlangius merlangus*) kan påträffas. Andra bottennära arter som påträffas i Östersjön är ål (*Anguilla anguilla*), tånglake (*Zoarces viviparus*), hornsimpa (*Myoxocephalus quadricornis*) och rötsimpa (*M. scorpius*), vilka även förekommer nära kusten. Bland bottenlevande (bentiska) arter förekommer skrubbskädda, östersjöflundra, rödspätta och piggvar (*Scophthalmus maximus*). Plattfiscen sandskädda (*Limanda limanda*) är mer typisk för Västerhavet men kan förekomma i Östersjön.

2.4 Öresund

Artsammansättningen av fisk förändras alltmer påtagligt från Egentliga Östersjön mot Kattegatt och Skagerrak, med en tydlig ökning av marina arter. Öresund, som förbinder dessa miljöer är även ett av världens mest trafikerade havsområden (Vieira m.fl. 2020). Området är samtidigt unikt genom att det har haft ett trålförbud sedan 1930-talet. Trålförbudet inrättades av sjösäkerhetsskäl, men effekten av detta har även kopplats ihop med att området länge har haft betydligt mer livskraftiga bestånd av till exempel torsk än omgivande områden. I dagsläget är dock även det mer kustnära yrkesfisket, och fritidsfisket, kraftigt begränsat på grund av vikande bestånd (Olin m.fl. opubl.). Utöver torsk förekommer även andra torskfiskar relativt allmänt i Öresund, i synnerhet i de norra delarna. Bland plattfiskar påträffas skrubbskädda, sandskädda och piggvar. Det västra beståndet av sill vandrar genom Öresund från Kattegatt till sina lekområden i sydvästra Östersjön, vilket bidrar till produktiviteten i området. Det är dock ett sillbestånd som är kraftigt försvagat i dagsläget (SLU Fiskbarometern 2024). Öresund är rikt på grunda områden och hyser relativt gott om ålgräsängar och musselbäddar som är viktiga uppväxt- och födosöksområden för många fiskarter, även om många ålgräsängar ändå har reducerad utbredning och täthet på grund av mänsklig påverkan (Krause-Jensen m.fl. 2021). I Öresund ligger Sveriges idag största vindpark Lillgrund, som togs i drift 2007 (Jeppsson m.fl. 2008).

2.5 Kattegatt och Skagerrak

I Kattegatt, norr om Öresund, möter bräckt vatten från Östersjön saltvatten från Nordsjön. Salthalten är klart högre än i Östersjön - den kan variera runt 30, med en haloklin där de två olika skikten av vatten möts vid ungefär 15 meters djup. Den livsmiljö som dominerar är mjuka bottenar. Kattegatt gränsar i norr till Skagerrak, som är den av Sveriges havsbassänger med högst salthalt (omkring 32). Skagerrak har i många avseenden ett unikt marint liv för svenska förhållanden. Området har stor topografisk variation och därmed även stor variation i möjliga livsmiljöer för

olika arter. Vid kusten är skärgården klippig, uppbruten i vikar, öar och skär och i Bratten finns det största djupet i Sverige, uppmätt till 560 meter.

I Kattegatt finns flera grunda utsjöbankar varav Lilla Middelgrund, Stora Middelgrund och Röde bank är Natura 2000-områden. I Skagerrak genererar variationen av kustnära hårbotten- och mjukbottenmiljöer en stor artrikedom. Den biologiska mångfalden i Skagerrak ger höga naturvärden och här finns flera skyddsvärda eller skyddade områden, däribland Kosterhavets Nationalpark (Sveriges första marina nationalpark), Väderöarna, Bratten och Gullmarsfjorden.

I både Kattegatt och Skagerrak är artantalet av fiskar klart högre än i Östersjön. Artsammansättningen i de båda bassängerna liknar varandra. Alla marina arter som finns i Kattegatt förekommer också i Skagerrak, som även har ytterligare ett antal arter (Havs- och vattenmyndigheten 2022).

Bland de pelagiska arterna är sillen viktig. Den är vanlig i båda havsområdena och leken sker under våren eller hösten beroende på bestånd. Andra typiska pelagiska arter är skarpsill, makrill och taggmakrill (*Trachurus trachurus*) (Hilvarsson m.fl. 2024). Arterna lever i stim och flera populationer rör sig över längre sträckor för reproduktion varje år. Andra relativt vanliga pelagiska arter är näbbgädda och blåvitling (*Micromesistius poutassou*). Även lax och öring kan förekomma i Skagerrak samt ansjovis (*Engraulis encrasicolus*), men den är mer sällsynt.

Typiska bottennära fiskar är torsk, vitling och vitlinglyra (*Trisopterus esmarkii*) (Hilvarsson m.fl. 2024). I Kattegatt är inte minst utsjöbankarna artrika livsmiljöer (Naturvårdsverket 2010). Viktiga lekområden för torsk återfinns också i Kattegatt. Andra torskfiskar som förekommer i Kattegatt och Skagerrak är till exempel gråsej (*Pollachius virens*), lyrtorsk (*P. pollachius*), glyskolja (*Trisopterus luscus*), kolja (*Melanogrammus aeglefinus*), kummel (*Merluccius merluccius*) och långa (*Molva molva*) (Casini m.fl. 2005, Havs- och vattenmyndigheten 2022). I kustnära och andra revliknande miljöer förekommer ofta olika fiskar inom den taxonomiska familjen läppfiskar (Labridae), till exempel stensnultra (*Ctenolabrus rupestris*), berggylta (*Labrus berggylta*), blågylta (*L. bimaculatus*) och skärsnultra (*Symphodus melops*) (Bourlat m.fl. 2021). Ål (*Anguilla anguilla*) påträffas i både Kattegatt och Skagerrak (Andersson m.fl. 2021).

Vanligt förekommande bottenlevande arter är fjärsing (*Trachinus draco*), havskatt (*Anarhichas lupus*) och knorrhane (*Trigla* spp) samt plattfiskarna rödspätta, sandskädda, piggvar, lerskädda (*Hippoglossoides platessoides*), rödtunga (*Glyptocephalus cynoglossus*), slätvar (*Scophthalmus rhombus*) och bergskädda (*Microstomus kitt*) (Casini m.fl. 2005). Även om plattfiskar som grupp betraktat har liknande beteenden och preferenser vad gäller livsmiljö kan skillnaden mellan arter vara stor. Till exempel förekommer rödspätta främst nära kusten vid djup på mellan 10–30 meter medan rödtunga föredrar djupare vatten ner till 1,000 meter. Piggvar förekommer vanligtvis i förhållandevis grunda vatten men lever i

större utsträckning på fisk än till exempel rödspätta. Västerhavet är det enda av Sveriges havsområden med bestånd av broskfiskar (Börjesson m.fl. 2022), som knaggrocka (*Raja clavata*), klorocka (*Amblyraja radiata*), pigghaj (*Squalus acanthias*) och småfläckig rödhaj (*Scyliorhinus canicula*). Bland kommersiellt fiskade arter ingår även ett antal kräftdjur, framför allt havskräfta (*Nephrops norvegicus*), räka (*Pandalus borealis*), krabbtaska (*Cancer pagurus*) och hummer (*Homarus gammarus*).

3. Rumsliga underlag om viktiga livsmiljöer för fisk

Medan den geografiska översikten (Avsnitt 2) ger information om vilka fiskarter som dominerar eller kan förväntas i olika havsområden, framför allt beroende på skillnader i salthalt, ger information om viktiga livsmiljöer för olika arter en mer detaljerad bild av deras utbredning inom respektive havsområde.

Information om viktiga livsmiljöer för fisk går att illustrera i kartor för att ge en rumslig uppfattning om var olika fiskpopulationer eller livsstadier sannolikt befinner sig. Möjligheten att ta fram tillförlitliga kartunderlag varierar dock mellan arter. Medan flera fiskarter är relativt stationära eller har identifierbara preferenser i fråga om livsmiljö, är andra mer rörliga och uppehåller sig över större områden. För ett stort antal arter varierar deras utbredning inom året, eftersom de anpassar sin vistelseplats beroende på exempelvis rådande vattentemperaturer, tillgång på bytesdjur eller aktuellt livsstadium. Som ett resultat av sådana anpassningar har många fiskarter naturligt förekommande regelbundna vandringsmönster, till exempel mellan kust och utsjö eller mellan grundare och djupare vattenområden.

Genom att kombinera kunskap om arternas preferenser med information om den rumsliga utbredningen av olika miljövariabler går det att göra bedömningar av var olika arter sannolikt befinner sig under olika delar av sin livscykel. I synnerhet många bottenlevande och bottennära arter visar preferenser för antingen hårbotten- eller mjukbottenmiljöer eller olika djup. Utöver detta går det att beskriva fiskars livsmiljöer på ett mer detaljerat sätt utifrån till exempel förekomst av vegetation, hur strukturellt komplex miljön är, eller lokala vattenförhållanden (temperatur, salthalt, siktdjup mm). Genom att använda modeller som utgår från fältundersökningar, och där man statistiskt kopplar förekomsten av olika arter till olika miljövariabler, går det att ta fram mer heltäckande utbredningskartor som visar på sannolikheten att en viss art ska finnas inom ett visst område. Bedömningarna utgår i samtliga fall från den aktuella modellens möjligheter och begränsningar, samt gäller den tidsperiod och tid på året som den grundläggande datainsamlingen. I praktiken begränsas möjligheten att ta fram rumsliga underlag därtill av tillgången på lämpliga och tillförlitliga data för de olika aspekter som behöver ingå.

3.1 Metoder för att ta fram utbredningskartor

Vanliga metoder för att ta fram utbredningskartor kan översiktligt indelas i 1) Direkt kartläggning, 2) habitatmodellering, 3) envelope-modeller och 4) information om naturtyper (Bergström m. fl. 2021).

Direkt kartläggning är ett tillförlitligt sätt att verifiera att ett område är en viktig livsmiljö för en viss fiskart, givet att provtagningen sker med lämpliga redskap och under en tid på året när fiskarten nyttjar området. Kartläggningen kan baseras på inventeringsdata som insamlats specifikt för detta syfte, men i vissa fall även på sammanställning av data från miljöövervakning. Eftersom det är dyrt att samla in fältdata är det dock ovanligt att ha tillräckligt omfattande inventeringsdata för att kunna kartlägga fisk på ett tillförlitligt sätt över ett större område. Flera mätvariabler som representerar fiskens lek-, rekryterings-, uppväxt- och vandringsområden varierar under året, till exempel förekomsten av fiskägg, larver och ungar, vilket betyder att tidpunkten för inventeringen är viktig. Information från karteringar är dock värdefulla, förutsatt att de har tillräcklig upplösning och täckning. Direkta data är därtill viktiga underlag för andra metoder, t.ex. habitatmodellering (som beskrivs nedan) samt för att validera kartor som tagits fram med andra metoder.

Habitatmodellering ger kartor med god rumslig täckning som beskriver den sannolika fördelningen av fiskarternas livsmiljöer (Elith och Leathwick 2009). Data på förekomst eller abundans av fisk från fältinventeringar eller miljöövervakning används för att utveckla statistiska modeller som visar sambandet mellan fiskförekomst och ett antal miljöfaktorer. Typiska miljöfaktorer som används vid habitatmodellering är till exempel djup, salthalt, temperatur och vågexponering. Med hjälp av kartor över dessa miljöfaktorer kan de statistiska modellerna sedan användas för att ta fram heltäckande kartor över lämpliga områden för olika fiskarter och livsstadier. Kartorna visar sannolikheten för att ett visst delområde är viktigt för den art och det livsstadium som modellen gäller, efter kalibrering med hjälp av fältdata. Det bör dock noteras att modeller som ligger till grund för olika kartor kan variera kraftigt i sin prediktionsförmåga. Att använda flera olika statistiska modeller och kombinera resultaten, vilket kallas ensemblemodellering, är ett sätt att minska osäkerheter i själva modelleringsprocessen (Araújo och New 2007). Det bör även noteras att habitatmodelleringen skapar en bild av vad som är en potentiellt lämplig livsmiljö utgående från de variabler som ingår i modellen. Till exempel om det finns byggnation i ett område kan det vara fallet att livsmiljön är påverkad och inte är lämplig för en viss fiskart trots att modellen kan identifiera området som ”lämpligt” för arten. Modellen visar då att detta skulle kunna vara ett lämpligt område, om det inte var så att det fanns en fysisk påverkan från byggnation där.

Envelope-modeller bygger på en liknande princip som habitatmodelleringen, men är en förenklad variant där man kopplar förekomsten av en art till ett givet

intervall hos miljövariablerna (Nix 1986). Metoden blir mindre exakt, men kan användas om det inte finns tillräckliga undersökningsdata för att skapa en statistisk modell. Livsmiljön för en viss art och ett visst livsstadium definieras då i stället utifrån ekologisk kunskap om vilka miljöförhållanden som kan begränsa dess utbredning, den så kallade ekologiska nischen. De viktigaste miljövariablerna och tröskelvärdena för en art/livsstadium kan fastställas till exempel på basen av experimentella studier eller publicerad forskning. I avsaknad av publicerad information kan en expertbedömning övervägas. De viktiga aspekterna att besluta om är vilka miljövariabler som bör ingå i definitionen av den aktuella livsmiljön, och vilka tröskelvärden som ska tillämpas för dessa. Till exempel för torsk eller skarpsill i Östersjön har kartor över arternas potentiella lekområden baserats på information om arternas kända fysiologiska gränser för salthalt och syre för att kunna reproducera sig (Bergström m.fl. 2021). Information om salthaltstolerans kan också användas för att definiera lämpliga rumsliga avgränsningar för hur långt en viss statistisk habitatmodell kan förväntas gälla, till exempel för sötvattensarter som reproducerar sig vid kusten.

Information om naturtyper. Om det inte finns tillräcklig information för habitatmodeller eller envelope-modeller kan en karakterisering av livsmiljöer ge viss information för att identifiera områden som sannolikt är viktiga för olika arter eller livsstadier, även om det ger en högre grad av osäkerhet än ovanstående metoder. Exempelvis kan man bedöma förekomsten av bottenmiljöer som en viss art är starkt associerad med (Bergström m.fl. 2021). Data som kan vara användbara är bland annat rumslig information om bottensubstrat, till exempel att sill gärna leker på grunda grus- eller stenbottnar med vegetation, eller förekomst av habitatbildande arter som makroalger eller blåmusslor. Information om utbredningen av marina naturtyper skulle i vissa fall kunna användas för att ta fram en initial översikt över sannolik förekomst av ett antal fiskarter, förutsatt att det finns tillräcklig rumslig information om livsmiljöernas utbredning och att denna information kan valideras gentemot inventeringar av fiskarter. Habitatdirektivets naturtyper är i viss mån kartlagda och kan ge indikationer om förekomsten av fiskarter, även om sådana samband är förknippade med många osäkerheter. En viktig begränsning är dock att information om habitatdirektivets naturtyper främst finns tillgänglig för befintliga Natura 2000-områden och mycket sällan för andra områden till havs, och även i de beskrivna områdena kan informationen vara deskriptiv utan att använda kartor. I dagsläget är det ont om empiriska data för att validera förekomsten av fiskarter inom habitatdirektivets naturtyper (Box 1). Nya kartunderlag som tas fram inom den nationella marina karteringen kommer förhoppningsvis att hjälpa till att förbättra kunskapsläget inom en snar framtid³.

³<https://www.havochvatten.se/overvakning-och-uppfoljning/miljoovervakning/nationell-marin-kartering/nationell-marin-kartering.html>

Box 1. Marina naturtyper och förekomsten av fisk

Fredriksson och Bergström (2013) undersökte i vilken grad fiskövervakningsdata skulle kunna användas för att ta fram kunskap om förekomsten av olika fiskarter i olika marina naturtyper och följa utvecklingen över tid. Provfiskestationer som var lokaliserade inom 200 meter från en naturtyp räknades som att den överlappade med den aktuella naturtypen. Sammanställningen visade dock att för vissa naturtyper så skedde det ingen eller mycket begränsad fiskövervakning i områden som klassats som den naturtypen. Resultatet kunde delvis förklaras av att många provfiskestationer inte hade information om naturtyp och därför inte kunde tas med i analysen. De naturtyper som var av intresse för utvärderingen var 1110 (Sublittoral sandbankar), 1130 (Estuarier), 1140 (Ler- och sandbottnar som blottas vid lågvatten), 1150 (Laguner), 1160 (Stora grunda vikar och sund), 1170 (rev), 1610 (rullstensåsöar i Östersjön med litoral och sublittoral vegetation), 1620 (Skär och små öar i Östersjön) och 1650 (Små Östersjövikar). En översikt av resultaten presenteras i tabellen nedan. Sannolikt saknas en del arter i listan, eftersom endast omkring en fjärdedel av stationerna från provfisken låg inom någon klassad naturtyp. Sedan studien gjordes har även antalet stationer med fiskövervakning ökat något.

Tabell Box 1. Naturtyper analyserades avseende fiskförekomst av Bergström och Fredriksson (2013). Den högra kolumnen anger vilka arter som kunde valideras för respektive naturtyp någonstans längs den svenska kusten, baserat på deras frekvens i de miljöövervakningsdata från provfisken med nät eller ryssjor som fanns tillgängliga vid tidpunkten för studien.

Marin naturtyp	Fiskart (vuxen fisk)
Sandbankar (1110)	abborre, gråsej, oxsimpa, piggvar, rödspotta, rötsimpa, sandskädda, sjurygg, skarpsill, skrubbskädda, skärsnulta, slätvar, stensnulta, storspigg, sill/strömming, svart smörbult, tobis (kust-/havs-), torsk, tånglake, tångspigg, vitling, ål, äkta tunga
Estuarier (1130)	abborre, braxen, gers, gädda, gös, id, löja, mört, nors, sik, siklöja, skarpsill, sill/strömming, stäm
Blottade ler- och sandbottnar (1140)	abborre, björkna, braxen, gers, gråsej, gädda, hornsimpa, mört, rödspotta, rötsimpa, sarv, skrubbskädda, skärsnulta, stensnulta, sill/strömming, svart smörbult, torsk, tånglake, vitling, ål
Laguner (1150)	abborre, björkna, gers, gädda, gös, id, löja, mört, nors, piggvar, ruda, sarv, skarpsill, skrubbskädda, småspigg, storspigg, sill/strömming, sutare, svart smörbult
Stora vikar och sund (1160)	abborre, björkna, braxen, gers, gädda, gös, id, löja, mört, piggvar, rödspotta, rötsimpa, sandstubb, sarv, sik, skrubbskädda, skärsnulta, stensnulta, storspigg,

	sill/strömming, svart smörbult, torsk, tånglake, vitling, ål, äkta tunga
Rev (1170)	abborre, blågylta, braxen, femtömmad skärlånga, gers, grässnulta, mindre havsnål, mört, nors, oxsimpa, rötsimpa, sik, sjustrålig smörbult, skrubbskädda, skärsulta, stensnulta, storspigg, sill/strömming, svart smörbult, tejstefisk, torsk, tånglake, tångsnälla, ål, öring
Rullstensåsöar i Östersjön (1610)	(ingick i studien men otillräckliga data)
Skär och små öar i Östersjön (1620)	abborre, björkna, braxen, gers, gädda, gös, id, löja, mört, ruda, sarv, sik, skarpsill, skrubbskädda, storspigg, sill/strömming, sutare, svart smörbult, torsk, tånglake
Smala Östersjövikar (1650)	(ingick i studien men otillräckliga data)

3.2 Översikt av befintliga rumsliga underlag för svenska havsområden

I den här rapporten har information om fiskars livsmiljöer sammanställts från fyra olika studier (Tabell 1) som haft det explicita syftet att ta fram rumslig information om utbredningen av fiskar i svenska havsområden:

Huvuddelen av materialet kommer från den nationella marina karteringen (NMK). Inom ramen för NMK har SLU på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten producerat ett flertal kartor som representerar utbredningen av olika livsstadier av fisk i Sveriges kust- och havsområden. Arbetet har baserats på ett dataset från fiskövervakning och inventeringar som använts i statistisk modellering och kartprediktioner. I sammanställningen, som presenteras närmare i avsnitt 3, ingår kartor från följande studier:

- Fredriksson m.fl. (2021) modellerade förekomst av ett flertal arter fisk och kräftdjur baserat på data från provtagning med ryssjor i Öresund, Kattegatt och Skagerrak, åren 2002–2017. Datamaterialet var insamlat under sommarhalvåret, maj-september, inom ett flertal olika inventerings-, miljöövervaknings- och forskningsprojekt med småryssjor. I de slutgiltiga modellerna användes fem miljövariabler som tillsammans bedömdes ha god potential att karakterisera habitatet för de olika arterna, nämligen djup, vågexponering, rugositet (strukturell komplexitet) samt vattentemperatur och salinitet vid botten. Kartprediktionerna sträcker sig ner till 30 meters djup vilket är det maximala djup för att använda ryssjor för provfiske enligt gällande undersökningstyp.

- Erlandsson m.fl. (2024) samt Erlandsson m.fl (opubl.) använde data på förekomst och abundans av broskfiskar och benfiskar som samlades in vid olika bottentrålsundersökningar i Skagerrak, Kattegatt och Öresund under åren 2005–2022. Data som använts i modelleringen kommer från de internationellt koordinerade bottentrålsundersökningarna IBTS (International Bottom Trawl Survey), BITS (*Baltic International Trawl Survey*) och *Kattegat Cod Survey* samt nationella bottentrålsundersökningar. Vid modelleringen testades relationen mellan fiskarternas förekomst och abundans mot ett antal miljövariabler, som tillsammans bedömdes ha god potential att karakterisera habitatet för de olika arterna, nämligen temperatur, salinitet, syrgashalt vid havsbotten, djup, bottenströmning, lutning och fiskeintensitet.
- Erlandsson m.fl. (2021) tog fram kartor över förekomsten av fiskyngel på basen av provtagning med små undervattensdetonationer (laddning 8–12 g dynamit) längs hela Sveriges ostkust mellan åren 2005–2018. Insamlingen genomfördes under juli-september inom ett flertal olika inventerings-, miljöövervaknings- och forskningsprojekt i grunda kustområden. I de slutgiltiga modellerna användes sex miljövariabler som tillsammans bedömdes ha god potential att karakterisera habitatet för de olika arterna, nämligen djup, vågexponering, siktdjup, temperatur, salinitet och avstånd till utsjön. Kartprediktionerna begränsades till samma djupintervall som den underliggande provtagningen omfattade (0 till 6 meter).

För att komplettera med ytterligare arter och livsstadier inkluderade vi även kartor från projektet Pan Baltic Scope (Bergström m.fl. 2021). Fokus för utvecklingen i Pan Baltic Scope var att skapa heltäckande kartor för alla länder runt Östersjön, att användas som underlag för havsplanering. Projektet fokuserade på lek- och uppväxtområden för fisk, och anpassade metoden för respektive art till den typ av information som var tillgänglig och bedömdes mest lämplig för att ta fram heltäckande kartor för hela Östersjön.

Samtliga dessa projekt baserar sig därmed på data från fältundersökningar, fiskerioberoende provfisker, eller resultat från forskningsstudier. Data från yrkesfisket är ofta inte lika lämpliga att använda för att ta fram utbredningskartor för fisk, på grund av att yrkesfiske som regel inte utförs på ett sätt som kan ge den typ av underliggande information som behövs. Dels har data från yrkesfisket mer inexakta positioner vilket ger en större osäkerhet i de resulterande kartorna, dels är yrkesfisket reglerat och rör sig per definition inom områden där det förväntas vara lönsamt att fiska. För att ta fram de statistiska modeller som används som underlag för heltäckande habitatmodellering behövs både information från områden som förväntas ha bra och mindre bra förutsättningar för olika arter.

Vilka arter det finns kartor för återspeglar därmed i högre grad vilka arter det finns tillräckliga underlag för att ta fram kartor för, och i mindre grad hur viktiga olika arter är för människan, till exempel genom fiske.

Tabell 1. Sammanställning av projekt och rapporter som bidragit till kunskap om fiskars rumsliga utbredning i Sveriges havsområden. Information från dessa projekt har använts i rapporten på det sätt som beskrivs i texten. NMK=Nationell marin kartering

Projekt	Typ av livsmiljö som omfattas	Typ av modell	Rumslig detalj (Upplösning)	Referens
Pan Baltic Scope	Potentiella lekområden och uppväxtområden, några kartor visar även rekryteringsområden	Olika för olika arter, till exempel envelope-modeller, information om naturtyper, habitat-modellering (i vissa fall kompletterat med direkt kartering)	Mellan 2 och 5 km beroende på art och modell	Bergström m.fl. 2021
NMK Västerhavet, ryssja	Potentiella uppväxtområden och vuxenhabitat	Habitatmodellering (ensemble)	250 m	Fredriksson m.fl. 2021
NMK Västerhavet, trål	Potentiellt lämpliga vuxenhabitat för hajar och rockor	Habitatmodellering (ensemble)	3,5 km	Erlandsson m.fl. 2024
NMK Västerhavet, trål	Potentiellt lämpliga vuxenhabitat för benfiskar	Habitatmodellering (ensemble)	3,5 km	Erlandsson m.fl. opublicerad
NMK Östersjön, yngel	Potentiella lekområden och uppväxtområden (alt. rekryteringsområden)	Habitatmodellering (ensemble)	250 m	Erlandsson m.fl. 2021

3.3 Bearbetningar av kartlagren för presentation

Kartlagren som tagit fram baserat på projekten i Tabell 1 finns tillgängliga som GIS-filer och presenteras även i en fristående kartapplikation för att underlätta för användaren att studera dem. I det webbaserade kartverktyget, som beskrivs närmare i nästa stycke, kan användaren utvärdera kartorna utan att behöva använda särskild GIS-programvara och kan även jämföra dem med annan geografisk information, till exempel planerade områden för vindparker.

För att kunna presentera de olika kartorna på ett enhetligt sätt i dessa syften har dock vissa inledande bearbetningar och klassificeringar varit nödvändiga, vilka

beskrivs närmare här. Kartlager som baseras på olika typer av metoder kan till exempel visa olika mått för att representera livsmiljöernas rumsliga utbredning. De varierar även i fråga om rumslig upplösning (se Tabell 1). Samtliga kartor har därför formaterats till raster-filer med en upplösning 1,7 km⁴ (projektion WGS84) och standardiserats till en gemensam terminologi och klassificering när de presenteras i kartverktyget.

Terminologi

Viktiga livsmiljöer för fisk är de områden som en viss art eller population använder för att fullborda sin livscykel. De omfattar därmed alla delar av livscykeln, som lekområden, uppväxtområden för larver och yngel, födosöksområden för vuxna, vandringskorridorer och andra möjliga särskilda områden. På engelska används begreppet *essential fish habitats* för områden som är särskilt viktiga för arten eller populationen, så att en förlust eller försämring av dessa kan ha en negativ effekt på möjligheterna att fullborda livscykeln eller bibehålla populationerna (Magnusson-Stevens Fisheries Conservation Act 2007, Kraufvelin m.fl. 2018). För att namnge kartorna enligt vilket livsstadium av fisk de representerar delas de här in i "lekområde", "uppväxtområde" och "vuxenområde" (det område där fisk främst befinner sig som vuxna). Viktiga områden för vandrande fisk ingår också i definitionen av särskilt viktiga livsmiljöer för fisk (Tabell 2). De ingår dock inte i sammanställningen eftersom det saknas data för vandringsområden för fisk i dagsläget (för lax, se Koehler m.fl. 2024 för en bakgrundsbeskrivning).

Tabell 2. Terminologi för fiskars livsmiljöer som använts i sammanställningen. Den engelska termen är i enlighet med Bergström m.fl. (2021).

Svensk term	Engelsk term
Lekområde	<i>Spawning area</i>
Uppväxtområde	<i>Nursery area</i>
Vuxenområde	<i>Adult feeding area</i>
Vandringsområde	<i>Migration area</i>

Klassificering

De kartor som sammanställts har i vissa fall använt olika mått för förekomst. Vissa ursprungliga kartor indikerar till exempel områdets troliga betydelse för fiskarten som en klassning, enligt: "Mycket sannolikt ett viktigt område", "Sannolikt ett viktigt område" eller "Sannolikt inget område för arten", medan andra anger sannolikhet för förekomst på en kontinuerlig skala. För att få jämförbara kartor mellan olika områden och arter, även i de fall där de individuella kartorna använt olika mått, klassade vi om den angivna förekomst-informationen till ett jämförbart

⁴ Lager med grövre upplösning disaggregerades. Lager med finare upplösning aggregerades och för överlappande pixlar användes medelvärden.

system. Denna visar hur sannolikt det är att olika delar av kartan är ett viktigt habitat för den aktuella fiskarten och livsmiljön.

Geografisk omfattning

En tredje viktig aspekt för att kunna jämföra olika kartor med varandra är att de kan variera i rumslig täckning, genom att ett flertal kartor inriktar sig enbart på vissa havsområden eller delområden (till exempel är flera kartor begränsade till att uttala sig om kustområden). Användaren behöver dock ha möjlighet att kunna särskilja områden som saknar information från områden som enligt modellen sannolikt inte är ett viktigt fiskhabitat. Klassificeringen innehåller därför även en distinktion mellan områden där data saknas (tom cell) och områden där den underliggande analys-modellen visat att det sannolikt inte är ett viktigt område (värde 0).

3.4 Presentation av kartverktyget

Shiny är ett verktyg som gör det möjligt att bygga interaktiva och användarvänliga webbapplikationer i programmeringsspråket R. Det har här använts för att presentera en samling kartor som visar områden som sannolikt är viktiga livsmiljöer för olika fiskarter och livsstadier av fisk, som återfinns på den angivna länken.

I avsnitt 4 ges en sammanställning av vilka kartor som ingår vid publiceringen av den här rapporten, men verktyget kommer att kompletteras med nya kartunderlag efterhand som nytt material kvalitetssäkras eller tas fram.

Webbadressen till verktyget är:

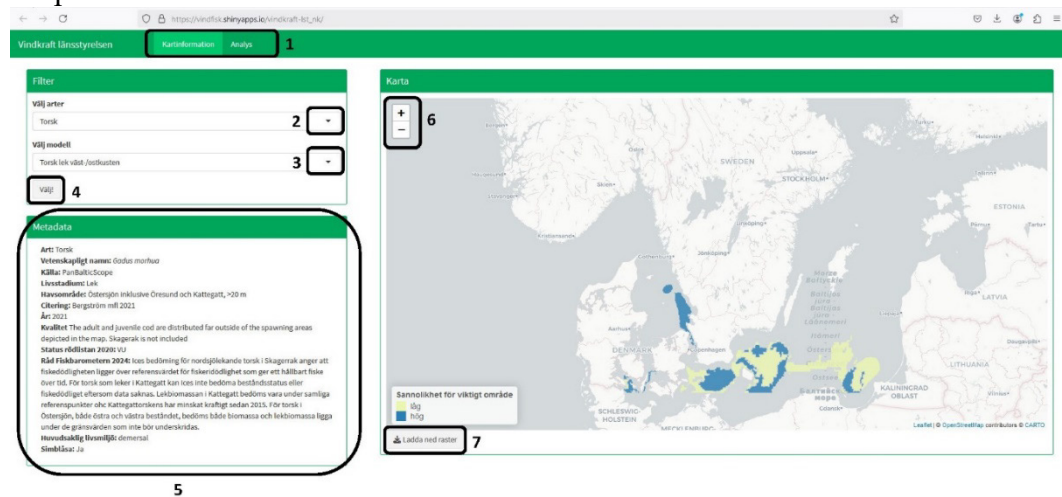
https://vindfisk.shinyapps.io/vindkraft-lst_nk/

Verktyget har två flikar (Figurer 2–3) och tillhörande metadata (Tabell 3).

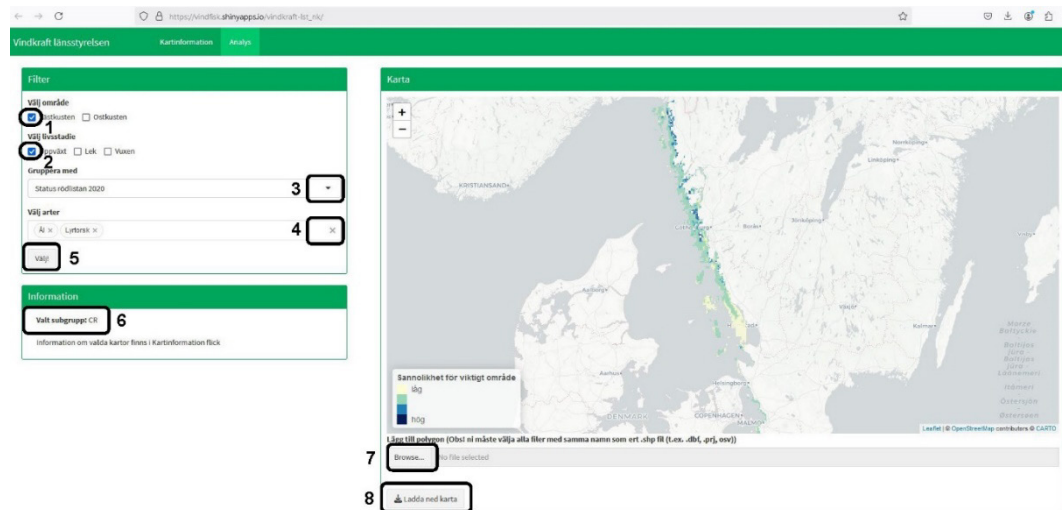
- Fliken "Kartinformation" (Figur 2) ger information om varje enskild karta. Tillhörande metadata visar till exempel hur kartan har tagits fram och vilka aspekter användaren behöver beakta när det gäller kartans tillförlitlighet (Tabell 3).
- Fliken "Analys" (Figur 3) ger möjlighet att välja ut arter att undersöka närmare, antingen enskilt eller flera tillsammans. Användaren kan även välja att till exempel fokusera på antingen Östersjön eller Västerhavet (eller båda) eller på specifika livsstadier. I fliken går det också att gruppera mellan ett antal förhandsdefinierade aspekter, till exempel för att se vilka områden som kan vara särskilt viktiga för hotade arter. Ett annat exempel är att arterna kan grupperas enligt om de har simblåsa eller inte, eftersom detta påverkar fiskens känslighet för undervattensljud (Öhman 2023).

I båda flikarna kan användaren ladda ner den definierade kartan som bild, antingen som georefererad rasterbild i tif-format (i kartfliken), eller som .png bild (i analysfliken). I analysfliken går det även att jämföra den valda bilden med egen

information, genom en funktion där användaren kan ladda upp och integrera egna *shape*-filer att studer tillsammans med kartorna. Denna kan användas till exempel för att ladda upp avgränsningarna för ett vindkraftsprojekt eller information från vindbrukskollen för att studera hur utbredningen av livsmiljöer för fisk förhåller sig till planerade eller tilltänkta områden för havsbaserad vindkraft⁵.



Figur 2. Kartverktygets flik för kartinformation. Siffrorna är inlagda i bilden för att visa: 1) Knappar för att byta mellan flikar; 2) Lista för att välja vilken fiskart man vill visa; 3) Lista för att välja vilken specifik modell man vill visa för den valda arten; 4) Knapp för att bekräfta valet; 5) Detaljerad information om den karta och modell som man har valt att visa; 6) Möjlighet att zooma in och ut på kartan; och 7) Möjlighet att ladda ner vald karta som georefererad rasterbild (tif-format).



Figur 3. Kartverktygets flik för analys. Siffrorna är inlagda i bilden för att visa: 1) Val av havsområde; 2) Val av livsstadium; 3) Funktion för att välja grupper av arter baserat på gemensamma egenskaper; 4) Funktion för att välja en eller flera arter inom vald gruppering enligt punkt 3 (Samma art kan ha flera kartor tillgängliga, till exempel en för vuxenområden och en för lekområden. Mer förklaring om detta finns i avsnitt 4.3); 5) Knapp för att bekräfta valet; 6) Möjlighet att zooma in och ut på kartan; och 7) Möjlighet att ladda ner vald karta som georefererad rasterbild (tif-format).

⁵ Observera att alla filer som tillhör shape-filen måste läggas till och inte enbart den med tillägget .shp.

Information om vilket urval som visas; 7) Möjlighet att ladda upp en egen shape-fil (t.ex. polygon);
8) Möjlighet att ladda ner vald karta i bildformat (.png).

Tabell 3. Rubriker för de metadata som presenteras i Shiny-appen för respektive karta.

Rubrik	Förklaring
Art	Svenskt namn
Vetenskapligt namn	Namn på latin till närmaste taxonomiska nivå
Källa	Projekt som modellen härstammar från
Livsstadium	Anger om kartan visar lek-, uppväxt-, eller vuxenområde för arten
Havsområde	Västerhavet eller Östersjön
Citering	Rapport där kartan beskrivs närmare
År	Modellens år
Kvalitet	Bedömning av kartans och/eller modellens begränsningar
Status rödlistan 2020	Hotstatus enligt SLU Artdatabanken (2020)
Råd Fiskbarometern 2024	Bedömning av artens biologiska status enligt SLU Fiskbarometern (2024)
Huvudsaklig livsmiljö	Anger om arten i huvudsak är pelagisk, demersal eller bentisk (i vissa fall används bentopelagisk)
Simblåsa	Anger om arten har simblåsa eller inte

4. Tillgängliga kartor - utvärdering av deras sammansättning och täckning

4.1 Geografisk täckning

I presenterande stund innehåller kartverket totalt 75 kartor, av vilka 24 omfattar Östersjön, eller delar av Östersjön, och 48 Västerhavet (antingen Kattegatt eller både Kattegatt och Skagerrak). Tre ytterligare kartor som visar den potentiella utbredningen av lekområden för skarpsill, sill och torsk omfattar Östersjön och Kattegatt. 45 av de totalt 75 kartorna täcker in utsjöområden helt eller delvis, medan 30 endast visar livsmiljöer för arter längs kusten. Kartverket kan dock komma att kompletteras med ytterligare material efter hand.

För samtliga kartor som ingår finns det åtminstone vissa begränsningar i geografisk omfattning - ingen karta ger en komplett bild över samtliga svenska havsområden. Det här beror på att kartorna är begränsade till det område där de anses vara representativa baserat på den underliggande statistiska modellen, som i sin tur beror på befintliga data och information. En viktig anledning till skillnader mellan havsområden är att underliggande data samlas in med olika metoder längs olika delar av kusten, av tradition eller som en anpassning till lokala förutsättningar.

En central anledning till brister i täckning är dock avsaknad av inventeringsdata eller annan nödvändig grundinformation. Som ett exempel så saknas ofta information för Gotland och för ett flertal arter och livsstadier i Västerhavet, framför allt Skagerrak (Se även avsnitt 4.3).

4.2 Täckning över olika artgrupper och typer av livsmiljöer

De kartor som i dagsläget ingår i kartverket omfattar 58 arter, fördelade över potentiella lekområden, uppväxtområden och vuxenhabitat⁶. Merparten av kartorna visar livsmiljöer för demersala (bottennära) eller bentiska (bottenlevande) arter, 37

⁶ Ytterligare kartlager kan komma att läggas till kartverket över tid.

respektive 16 kartor. Åtta kartor visar livsmiljöer för pelagiska arter (frivattenlevande) medan 10 klassades som bentopelagiska arter (som rör sig mellan botten och den fria vattenmassan). Fyra av de 75 kartorna visar livsmiljöer för andra arter än fisk, det vill säga kräftdjur (hummer, krabbtaska, strandkrabba) samt bläckfisk (nordkalmar).

De flesta kartorna representerar uppväxtområden (44 kartor) och då framför allt för antingen bottennära eller bottenlevande arter (Tabell 4). Sju kartor visar lekområden, och 26 kartor visar sannolikt viktiga livsmiljöer för vuxen fisk.

Inga kartor representerar vandringsområden, på grund av otillräckligt dataunderlag för att ta fram dessa. En osäkerhet i kartorna är att de representerar den tid under året för vilken det finns provfiskedata att använda som bas för habitatmodelleringen.

4.3 Arter och livsmiljöer som omfattas respektive saknas

Ingen av de 58 arterna i kartverket representeras av kartor som täcker alla livsstadier eller hela artens utbredningsområde (se avsnitt 4.1). På basen av en jämförelse med de arter som i Avsnitt 1 omnämns som vanliga i respektive havsbassäng kan det vara viktigt att notera att det inte ingår kartor för blågylta, glyskolja, harr, hornsimpa, knaggrocka, klorocka, kusttobis, lax, makrill, näbbgädda, pigghaj, piggvar, rötsimpa, siklöja, småfläckig rödhaj, taggmakrill, vitlinglyra eller öring, samt havskräfta och räka. För några av dessa arter kommer det att finnas tillgängliga kartor i närtid och då kommer de att läggas till kartverket, till exempel rockor, hajar, siklöja och piggvar. För flera andra arter saknas dock tillräckliga underlag om var de förekommer i havsmiljön, vilket är nödvändigt för att kunna ta fram kartor. Det här gäller även en del kommersiellt viktiga arter.

För några arter finns det fler än en karta, eftersom det finns kartor för flera olika typer av livsmiljöer och/eller geografiska områden (gråsej, gös, lyrtorsk, rödspätta, sill, skarpsill, skrubbskädda, svart smörbult, vitling) eller populationer (torsk).

Ungefär hälften av de arter som klassas som hotade enligt SLU Artdatabanken (2020) finns med i kartorna. Det gäller arter i kategorierna "akut hotad" (Eng. *Critically endangered*, CR), "hotad" (Eng. *endangered*, EN), eller "sårbar" (Eng. *vulnerable*, VU) enligt SLU Artdatabanken (2020) (Tabell 5).

Tabell 4. Fördelning av de tillgängliga kartorna över havsområde, typ av livsmiljö och vilken huvudsaklig funktionell grupp som arten tillhör.

Havsområde	Typ av livsmiljö som kartan omfattar	Artens huvudsakliga funktionella grupp
Västerhavet (48)	Uppväxtområde (22)	Bentisk fisk (4) Bentopelagisk fisk (2) Demersal fisk (12) Bentopelagisk fisk (2) Pelagisk fisk (1) Annat (2 kräftdjur 1 bläckfisk)
Västerhavet (48)	Vuxenområde (26)	Bentisk fisk (9) Bentopelagisk fisk (7) Demersal fisk (7) Pelagisk fisk (2) Annat (1)
Östersjön och delar av Västerhavet (3)	Lekområde (3)	Demersal fisk (1)
Östersjön (24)	Lekområde (4)	Pelagisk fisk (2) Bentisk fisk (2) Demersal fisk (2)
	Uppväxtområde (20)	Bentisk fisk (1) Bentopelagisk fisk (1) Demersal (15) Pelagisk (3)

Tabell 5. De tillgängliga artutbredningskartorna i relation till arter med hotstatus antingen CR, EN, VU eller NT enligt SLU Artdatabanken (2020).

Hotstatus enligt rödlistan	Arter inom aktuell grupp som det finns en karta för	Arter inom aktuell hotstatus som det saknas karta för
CR	ål, lyrtorsk	håbrand, håkaring, storfjällig skoläst, pigghaj
EN	havskatt, långa	havsnejonöga, hälleflundra, klorocka
VU	havsmus, kolja, kummel, torsk, vitling	gråhaj, lake
NT	inga	vitrocka, fyrtömmad skärlånga, knaggrocka, blåkäxa, bergsimpa, asp, vimma, mal

5. Vindparkers utformning och möjlig påverkan på fisk

Information om viktiga livsmiljöer för fiskar är viktig både vid planeringen av vindkraftsprojekt och hanteringen av tillståndsärenden. Områden som identifieras som särskilt viktiga för fisk kan i vissa fall behöva undantas från etablering, medan det i många andra fall kan krävas hänsyn till exempel genom att anpassa årstid för byggnation, vindparkens design, eller dess skötsel. Tillsammans med kunskap om vindparkernas planerade utformning och troliga effekter på fisk fungerar de rumsliga underlagen som stöd för att identifiera behov av villkor i samband med en exploatering. Kunskapsläget om hur fisk kan påverkas av havsbaserad vindkraft är fortfarande inte fullt utvecklat, men vissa antaganden kan göras utgående från befintlig information. I det här avsnittet presenteras en översikt av några centrala aspekter för de avgöranden som kan behöva göras.

5.1 Hur kommer kommande vindparker att utformas?

Designen av havsbaserade vindkraftsturbiner är under snabb utveckling, vilket gör det svårt att ange hur framtida vindparker kommer att utformas mer i detalj (Bergström m. fl. 2022). Den pågående utvecklingen kan även påverka riskanalyser eftersom den medför att det i tillståndprocessen kan påtalas behov av viss öppenhet för förändringar i den slutliga utformningen. I jämförelse med bara för några år sedan är de vindkraftverk som byggs idag allt större och mer effektiva. De kraftverk som är föremål för tillstånd idag är uppåt 350 meter i höjd, med rotorerna som kan vara 300 meter i diameter (Box 2). Den ökade höjden har även inneburit att vindturbinerna står längre ifrån varandra. I äldre vindparker kan det vara några hundratal meter mellan vindkraftverken, medan motsvarande avstånd i nyare vindparker kan vara uppåt två till tre kilometer. De vindparker som har tillstånd i Sverige idag och som ännu inte har byggts planeras innehålla mellan 35 och 80 vindkraftverk. Samtliga är planerade i utsjön (Box 2).

Ur vindsynpunkt passar stora delar av svenska hav för vindkraft, även om det finns både en lägre och en övre gräns för vindstyrka. Viktiga faktorer att ta hänsyn till inför etablering av en vindpark är väderförhållanden, djup och bottenstruktur

samt vågor, strömmar och is. För lönsamheten spelar även kostnaderna för byggnation och drift en viktig roll.

Box 2. Aktuella kommande vindparker i Sverige

Planer för utbyggnad av havsbaserad vindkraft är eller har varit aktuella för samtliga svenska havsområden. Hur stor andel av dessa som slutligen kommer att utvecklas beror dock på flera faktorer där miljöhänsyn är en central fråga, även om avvägningar mot andra samhällsintressen också spelar in (Malafray och Öhman 2022). I Egentliga Östersjön lämnades under 2024 tretton ansökningar om tillstånd för vindparker till Regeringen, men samtliga avslogs på grund av hänsyn till försvarets intressen (Klimat- och näringslivsdepartementet 2024a). I skrivande stund har fyra havsbaserade vindparker tillstånd att bygga i Sveriges ekonomiska zon, samtliga i den västra eller sydvästra delen av Sverige, nämligen Kriegers flak i Arkonabassängen (söder om Skåne), Galene och Kattegatt syd, båda i Kattegatt, och Poseidon i Skagerrak (Vindbrukskollen 2024).

- Vindparken Kriegers flak planeras bestå av 35–50 vindkraftverk som har en totalhöjd (från vattenytan till ett rotorblad i högsta läget) om 280 meter. Den ska ligga tre mil utanför Trelleborg. Två andra vindparker ligger redan i samma område, i danskt respektive tyskt vatten. Vindparken vid Kriegers flak förväntas producera 2,7 TWh per år vilket motsvarar den el som används för att försörja 500 000 normalstora hem. Den fortsatta utvecklingen av Kriegers flak pausades dock hösten 2024 som en följd av att investeringsförutsättningar saknades.
- Galene planeras innehålla 21 vindkraftverk med en maximal höjd på 340 meter. Parkområdet ligger norr om Kattegatt syd, cirka 22 km utanför Varberg. Produktionen förväntas vara cirka 1,7 TWh per år vilket motsvarar elförbrukningen för cirka 320 000 hem (Klimat- och näringslivsdepartementet 2023a).
- Vindparken Kattegatt syd förväntas innehålla 60–80 vindkraftverk som har en totalhöjd på 250–350 meter. Med en årlig produktion på 5 TWh förväntas vindparken generera tillräckligt med el för att täcka hela Hallands behov, eller motsvarande 780 000 villors behov (Klimat- och näringslivsdepartementet 2023b).
- Vindparken Poseidon skiljer sig från ovannämnda parker genom att flytande vindkraftverk kommer att användas, i stället för bottenfasta fundament (Klimat och näringslivsdepartementet 2024b). Drygt 80 vindkraftverk med en totalhöjd på 260–340 meter ska ingå i vindparken. Produktionen av el förväntas ligga på uppåt 5,5 TWh per år vilket är tillräckligt för att försörja 1 miljon hushåll.

5.2 Översikt av infrastruktur som kan påverka fisk

Ett vindkraftverks fysiska delar består av fundament, torn, maskinhus och rotorblad. Därtill läggs ett nätverk av kabel inom vindparken, liksom från vindparken till land, för att transportera den el som utvinns. För att förstå hur fisk

påverkas av vindkraft är det viktigt att beakta att det finns olika typer av fundament med olika strukturer och metoder som används vid installation (Oh m.fl. 2018, Bergström m.fl. 2022) och dessa olika fundamentstyper kommer påverka fisk olika (Öhman 2023).

- **Monopiles** används i ett flertal vindparker. De kan liknas vid ett stort stålrör som i ett stycke sträcker sig från maskinhuset i toppen ner genom vattnet och vidare ner en bit under botten. Dessa strukturer fungerar extra bra på mjukbottnar inte minst på grund av hur de fixeras i botten. Att installera en monopile på botten tar under goda förhållanden ungefär sex timmar. En vanlig metod är att med kraft forcera ner dem i botten med en hydraulhammare. Ibland kan det behöva borrar innan, för att bearbeta botten. Att fysiskt forcera ner strukturen i botten kallas pålning vilket skapar höga impulsiva ljudnivåer som kan vara störande och skadligt för marint liv som finns i närheten (Halvorsen m.fl. 2012ab). En teknik som ofta används vid pålning, och som också kan bidra till att minska skadliga ljudeffekter, är att inleda slagen från hydraulhammaren med mindre kraft (*soft start*) för att sen öka styrkan (*ramp up*) (Sigray m.fl. 2022). Detta kan leda till att fiskar som är rörliga har en möjlighet att förflytta sig ifrån området innan slagen utförs med full kraft (en del arter kan dock reagera genom att söka sig till botten för skydd). Fisk kan också innan pålningen sätter igång skrämmas bort medvetet genom att sända ut ljud som stör fisken men inte skadar den (van der Meij m.fl. 2015). Spridningen av ljudet från installationen kan också dämpas med hjälp av bubbelgardiner eller material som omgärdar och avgränsar arbetsområdet (Tsouvalas och Metrikine 2016). Om det krävs borrar innan en monopile kan fästas i botten så kan sediment frigöras. Högre koncentrationer av partiklar i vattnet kan vara skadliga för fisk, även om de flesta svenska marina arter har en tålighet för grumling upp till en viss nivå (Karlsson m.fl. 2020). Monopiles har använts i Sverige i vindparkerna Utgrunden och Yttre stengrund i Kalmarsund (Figur 4). Dessa har nu tagits bort, men hur fisk påverkas av fundamenten vid Utgrunden under driften undersöktes innan de nedmonterades. Då påvisades med ett ökat antal fiskar, framför allt sjustrålig smörbult nära de nya strukturerna (*Gobiusculus flavescens*) (Andersson och Öhman 2010). Ytterligare en faktor som kan stärka reveffekten är att det läggs stenblock runt fundamentet som erosionsskydd. Detta ska hindra att strömmar gröper ut botten runt fundamentet.
- **Gravitationsfundament** har en annan utformning då de vilar på botten i stället för att slås ner. Fundamenten, som kan bestå av en betongkasson eller behållare i stål som fylls med innehåll, är tillräckligt tunga för att fixera hela vindkraftverket. Hur fisk relaterar till gravitationsfundament

har undersökts av Bergström m.fl. (2013b) vid vindparken Lillgrund i Öresund. I studien påvisades en högre mängd torsk (*Gadus morhua*), ål (*Anguilla anguilla*), rötsimpa (*Myoxocephalus scorpius*) och stensnultra (*Ctenolabrus rupestris*) nära fundamenten jämfört med längre ut i vindparken (Figur 5).

- **Jacketfundament** är en fackverkskonstruktion som byggs enligt en princip som är vanlig inom oljeindustrin. Vindkraftverket vilar på 3–4 ben som stabiliseras med tvärgående bjälkar. Konstruktionen förankras i botten med hjälp av pålning. Jacketfundament har ännu inte använts i Sverige men det är möjligt att de kan komma att användas i framtida vindparker. Jacketfundament bildar mer komplexa strukturer än andra typer av fundament. På grund av detta skulle de kunna antas generera en tydligare reveffekt, som lockar till sig mer fisk än mer enhetliga strukturer som monopiles, i linje med observationer vid oljeplattformar (Claisse m.fl. 2014).
- **Flytande fundament** skiljer sig i grunden från ovannämnda fundamentstyper och kommer ha en annan typ av påverkan än bottenfasta strukturer (Maxwell m.fl. 2022). Hela strukturen är inte fixerad i botten utan flyter, medan den hålls på plats med hjälp av kedjor eller staglinor som fixeras i botten. Detta gör etableringen mindre beroende av särskilda krav på botten, då till exempel monopiles företrädesvis byggs på mjuka bottenar, och kan även medge etablering på större vattendjup jämfört med bottenfasta anläggningar. Det finns olika typer av flytande vindkraftverk till exempel ”*tension leg platform*” som har en plattform som är helt nedsänkt i vattnet till skillnad från ”*semi-submersible*” som är delvis nedsänkt. Ytterligare en struktur är ”*spar buoy*” som har en monopile-liknande konstruktion som flyter. De flytande fundamenten kan innebära mindre grad av bullerpåverkan vid anläggningsfasen men det finns oklarheter kring hur ljudbilden kan komma att se ut under driftfasen.

Utöver fundamenten så utgör sjökablar en central del av infrastrukturen under vatten, och liksom andra elektriska ledningar genererar de elektromagnetiska fält. Ett flertal fiskarter har förmågan att reagera på sådana fält i samband med födosök eller orientering (Adair m.fl. 1998, Naisbett-Jones och Lohmann 2022, Gill m.fl. 2014). Sjökablar som används inom vindparker och i deras landanslutning läggs på botten, men kan även täckas över av till exempel sten eller betong, eller spolas ner i botten (Bergström m.fl. 2022). Ett magnetfält som når utanför en kabels isolering förlorar i styrka redan efter någon meter, och om kablarna grävs ner eller täcks över kan exponeringen i vattenmassan komma att minskas ytterligare (Sherwood m.fl. 2016). Dunlop m.fl. (2016) studerade vilken effekt en sjökabel som anslöt en vindpark till land hade på fisk och kunde konstatera att andra faktorer, till exempel

livsmiljö, hade en större inverkan än kabeln på fiskarnas rörelsemönster. Ett liknande resonemang förde Bergström m.fl. (2013) vid studier i vindparken Lillgrund i Öresund. Flytande vindkraftverk kan innebära en annan påverkan än bottenfasta kraftverk, eftersom kablar kan förekomma i vattenpelaren kan de innebära exponering för elektromagnetiska fält även i öppet vatten (Zhou m.fl. 2023).

5.3 Möjliga effekter på fisk

Fiskar kan även påverkas av flera andra faktorer och mänskliga belastningar kring vindparker än de som är kopplade till strukturerna. En mer utförlig genomgång av samtliga dessa är utanför målsättningarna för denna rapport, men på basen av det internationella kunskapsläget sammanställde till exempel Bergström m.fl. (2022) en kunskapsöversikt om vindkraftens effekter på marint liv anpassad för svenska förhållanden. Rapporten är inriktad på flera delar av ekosystemet och belyser möjliga effekter på fisk men även på bottennära miljöer, marina däggdjur och fågel, och sammanvägda effekter. Öhman (2023) sammanställde en mer utökad översikt av effekter på fisk som kompletterar den övergripande kunskapsöversikten. Kunskapsläget utvecklas även kontinuerligt, med nya studier i vindparker som utförs i Europa och andra världsdelar (Gill m.fl. 2025).

Sammantaget går det i dagsläget dock inte att generellt ange med säkerhet hur fiskar skulle kunna påverkas av havsbaserad vindkraft, för de flesta fiskarter och geografiska områden (Bergström m.fl. 2022, Gill m.fl. 2025). En viktig anledning till brister i kunskap vad gäller svenska förhållanden är att det finns väldigt få vindparker som är lämpliga att dra erfarenhetsmässiga lärdomar ifrån, och internationellt saknas det i en del fall även empiriska studier från de vindparker som byggs. Det finns några direkta exempel i Sverige (Figurer 4–5) och i viss mån kan erfarenheter från andra länder ge relevant information för svenska förhållanden. Många arter som har studerats i till exempel Nordsjön förekommer även i svenska vatten (för några exempel, se Box 3).

En annan viktig anledning är att det kan förväntas finnas lokala skillnader i vilken effekt som kan förväntas, eftersom det finns stora ekologiska skillnader mellan olika delområden av Sverige. Därtill finns det skillnader i vilka andra belastningar som förekommer i olika havsbassänger, vilket kan påverka bedömningen av sammanvägda och kumulativa effekter (Havs- och vattenmyndigheten 2024).



Figur 4. I Öresund ligger Sveriges idag största vindpark Lillgrund, som togs i drift 2008. Under de första åren genomfördes ett kontrollprogram för att undersöka hur fisk påverkas av vindkraft (Bergström m.fl. 2013a). Bildkälla: Vattenfall



Figur 5. I Egentliga Östersjön har studier av hur havsbaserad vindkraft påverkar fisk genomförts i en tidigare vindpark i Kalmarsund som nu är nedmonterad (Andersson och Öhman 2010). Bildkälla: <https://www.windpowerphotos.com/>

Box 3 Exempel på några karakteristiska arters förhållande till havsbaserad vindkraft i Sverige

Pelagiska arter

Sill, som kallas strömming i de mellersta och inre delarna av Östersjön, är pelagisk och kan ibland forma stora stim, både i kust och utsjö. Födan består i huvudsak av djurplankton, men även kräftdjur, fisklarver och fiskyngel förekommer i dieten hos större sill. Arten leker i kusten över botten som kan bestå av sand, grus och sten, men ålgräsängar, och hårbotten med vegetation, används också för lek (Aneer 1989, Bergström m.fl. 2021). Skarpsill finns i Sveriges alla havsområden. I Östersjön återfinns en egen population som genetiskt skiljer sig från skarpsillen i Västerhavet, som är en del av Nordsjöpopulationen (McKeown m.fl. 2020, Quintela m.fl. 2020). Skarpsillen förekommer vanligtvis i ett djupspann på mellan 10 och 50 meter, normalt är den närmare ytan under natten. Födan består främst av djurplankton, som hinnkräftor och hoppkräftor. Arten leker i öppet hav (Bergström m.fl. 2021), och leken sker från början av året fram till slutet av sommaren (Peck m.fl. 2012). En art som har blivit mycket vanlig i Egentliga Östersjön är storspiggen. Under senare år har storspiggen ökat i antal och fått större spridning bland annat som en följd av att abborre, gädda och stor strömming, som äter storspigg, har minskat i antal (Olin m.fl. 2022).

Även om havsbaserade vindkraftverk kan fungera som artificiella rev och attrahera fisk (Andersson och Öhman 2010, Bergström m.fl. 2012, Öhman 2023) är pelagiska fiskar mindre bundna till undervattensstrukturer. Sill kan uppehålla sig i anslutning till en vindpark (Hestetun m.fl. 2023), men en studie i Nordsjön påvisade inga effekter av vindparken på förekomsten av sill eller andra pelagiska arter (Van Hal m.fl. 2017). I en studie från Kalmarsund noterade Axenrot och Didrikas (2012) ingen förändring i förekomsten av sill nära en vindpark.

Torskfiskar

Torsk finns längs den svenska västkusten och i Östersjön, främst i Egentliga Östersjön söder om Åland. Torsken har under många år fiskats i för stor utsträckning vilket resulterat i utarmade bestånd (Bryhn m.fl. 2022). Torsken rör sig fritt i olika miljöer och söker sig gärna till både kust och djupare områden. Den är en utpräglad rovfisk som gärna tar sill och skarpsill men också annan föda (Kulatska m.fl. 2019, 2024). I Östersjön sker leken i djupare vatten där salthalten är tillräckligt hög, men låg syrehalt är begränsande i stora delar av djupvattnet (Bergström m.fl. 2021). Till exempel är Bornholmsdjupet ett viktigt lekområde för östra torskbeståndet. Vitling förekommer i Västerhavet och i Egentliga Östersjön, huvudsakligen i den sydvästra delen. Liksom torsken är vitlingen botten nära men kan också röra sig i öppet vatten. Ytterligare ett flertal torskfiskar lever i Västerhavet, i områden där salthalten är tillräckligt hög.

Ur vindkraftssynpunkt är det intressant att notera att flera studier har visat att torsk gärna söker sig till vindkraftverkens fundament och erosionsskydd (Bergström m.fl. 2013, De

Troch m.fl. 2013, Reubens m.fl. 2013, 2014ab, Van Hal m.fl. 2017), då vindkraftverket skapar en revstruktur som torsken uppehåller sig vid för att söka skydd och föda.

Plattfiskar

Plattfiskar förekommer på mjuka och hårda bottenar från kusten och ner till djupare områden. Arternas utbredning längs den svenska kusten begränsas av salthalten. Släktet *Platichthys* (flundror) har den längsta utbredningen in i Östersjön. Tidigare ansågs detta släkte representeras av endast en art i Östersjön, skrubbskädda, med en typ som leker längre ut till havs, och en typ som leker vid kusten (Orio m.fl. 2017). Den senare är numera identifierad som en egen art, östersjöflundra (Momigliano m.fl. 2018). Även om de två arterna skiljer sig från varandra i frågan om lekområden (Bergström m.fl. 2021), kan både skrubbskäddan och östersjöflundran förekomma tillsammans både på mjuka och hårda bottenar på ett flertal olika djup. I Östersjön återfinns även piggvar och rödspätta, medan det i Västerhavet tillkommer ytterligare ett antal arter. Plattfiskarnas föda består av olika ryggradslösa djur som till exempel kräftdjur och musslor samt även småfisk.

Plattfiskar är inte ovanliga inom vindparker, till exempel i de vindparker som byggs i Nordsjön, ofta på mjuka bottenar mellan verkan som är lämpliga livsmiljöer för många arter av plattfisk. En studie från Belgien visade att mängden plattfisk ökade runt vindkraftverk (Buyse m.fl. 2022) medan en annan studie från USA inte visade någon effekt (Wilber et al 2018).

Läppfiskar

Läppfiskar (*Labridae*) är typiska fiskar i rev-miljöer. De förekommer i Öresund, Kattegatt och Skagerrak. Studier vid vindparker har visat att olika arter av läppfisk skulle kunna gynnas av de hårbottenmiljöer som uppstår vid vindkraftsfundament och dess erosionsskydd (Bergström m.fl. 2013, Van Hal m.fl. 2017). En parallell till vindkraftsfundament, som kan fungera som rev, är andra undervattensstrukturer och artificiella rev (Öhman 2006). Ett artificiellt revområde att jämföra med i Skagerrak är hummerreven utanför kusten vid Göteborg där läppfiskar var snabba att etablera sig på reven efter att de hade konstruerats (Länsstyrelsen 2007, Kraufvelin m.fl. 2023).

Vandrande fiskarter

Fiskar som migrerar kan vara av särskilt intresse när det gäller sjökablar och magnetiska fält, eftersom de använder magnetiska fält för att styra hur de rör sig över längre sträckor. En typisk sådan art är ål som gör längre lekvandringar (Tesch m.fl. 1992, Naisbett-Jones 2017). Lax vandrar mellan sina uppväxtområden i älvar till havet för föda och tillväxt och tillbaka igen för lek.

En undersökning om sjökablar och magnetiska fält från vindparken Lillgrund i Öresund påvisade inga tydliga effekter på ål (Lagenfelt m.fl. 2012). Andra studier har noterat en fördröjning (Westerberg och Lagenfelt 2008) och till viss del desorientering (Westerberg och Begout-Anras 2000) hos ål när den simmar över den sjökabel som försörjer Öland med

ström från fastlandet. Dunlop m.fl. (2016) noterade ingen påverkan på den närbesläktade amerikanska ålen (*Anguilla rostrata*) vad gäller dess rörelsemönster i relation till kablar från vindkraftverk.

I en litteraturbaserad studie av sannolika effekter av havsbaserad vindkraft på lax bedömde Koehler m.fl. (2024) att det fanns begränsad empirisk kunskap om hur arten påverkas, men bedömningen gjordes att det var en låg risk att den skulle påverkas negativt av vindkraftverk eller dess sjökablar.

6. Sammanfattande diskussion

Kartor som visar utbredningen av livsmiljöer för olika arter är centrala verktyg för havsplanering och naturvård. Att identifiera områden som har särskilda naturvärden ger förvaltningen möjlighet att styra verksamheter till mindre känsliga områden och därmed minska risken för skador på viktiga ekosystemfunktioner och den biologiska mångfalden. Utbredningskartorna över viktiga livsmiljöer för fisk presenteras här för att underlätta hanteringen av vindkraftärenden, men de kan även stödja andra syften, som fiskförvaltning, områdesskydd, och tillstånds- och dispensärenden gällande byggnation och vattenverksamhet.

Den här rapporten har syftat till att ta fram och sammanställa de kunskapsunderlag om fiskars rumsliga utbredning som finns idag. Genom att presentera kartorna i denna rapport och i det kartverktyg som också introduceras här blir det lättare för användaren att få en överblick av vilka material som finns tillgängliga. Det utvecklade webbaserade kartverktyget presenterar även centrala metadata för vart och ett av de olika kartlagren. De rapporter som ligger till grund för att ta fram respektive kartor (Tabell 2) är dock fortsatt viktiga källor för mer detaljerad information om data, metoder och begränsningar. Det är till exempel viktigt att användaren beaktar de osäkerheter som kan ligga i modellerna och beaktar att de färdiga kartorna visar sannolikheten för att ett område är ett viktigt habitat, inte resultat av fältkarteringar i det aktuella området. Ibland kan områden bli utpekade som värdefulla livsmiljöer trots att de inte är det i praktiken, exempelvis om området är stört av byggnation. I andra fall kan en art saknas i ett område som egentligen bör vara en värdefull livsmiljö, till följd av att beståndet är försvagat av till exempel överfiske. Det är även viktigt att komma ihåg att skalan för kartorna i många fall är grov, vilket innebär att man ska vara försiktig med att tolka informationen i enskilda pixlar eftersom det finns stora osäkerheter i kartorna på den nivån. Avsnitt 4 innehåller en överblick av vad de befintliga kartlagren omfattar som tillsammans med de befintliga kartorna kan användas vid diskussioner om vilka ytterligare studier som behövs för att fylla kunskapsluckor och möjliggöra bättre kartunderlag.

Vid hantering av vindkraftsärenden kan det i en del fall vara aktuellt att identifiera områden som kan behöva undantas från exploatering medan det i andra fall kan handla om att ställa särskilda villkor. Eftersom kunskapen om hur havsbaserad vindkraft påverkar fiskar på lång sikt är begränsad då vissa arter kan

gynnas, andra missgynnas och vissa påverkas knappt alls (Bergström m.fl. 2022, Öhman 2023, Gill m.fl. 2025) är det viktigt att beakta lekområden och lekperioder vid tillståndsprövningar, eftersom de kan vara av central betydelse för fiskpopulationers fortlevnad inom ett område, i synnerhet om det rör sig om mindre områden med mer begränsade lekperioder. Det kan innebära att det under byggnationsfasen blir extra viktigt att beakta risken för skada från till exempel höga ljudnivåer och sedimentspridning (Bergström m.fl. 2022). För andra aspekter kan närmare analyser behövas för att identifiera hur den lokala livsmiljön ser ut, liksom omfattningen av andra omgivande påverkansfaktorer, för att kunna göra en mer specifik bedömning.

För att göra dessa bedömningar är det lämpligt att kartorna kombineras med en riskanalys - När villkor sätts bör även hänsyn tas till exempel till fiskarnas lekperioder, som kan variera beroende på geografiskt område. Information om lekperioder för alla fiskarter med lekbestånd i svenska vatten hittas i Lektidsportalen⁷, där användaren kan sortera informationen efter till exempel geografiskt område för att hitta specifika värden.

Vidare kan verktyg till stöd för havsplanering, som till exempel Symphony (Hammar m.fl. 2020, se även Depellegrin m.fl. 2023), ge möjligheter till att identifiera potentiella kombinationseffekter eller kumulativ påverkan från havsbaserad vindkraft. På grund av deras grova detaljeringsgrad kan dessa verktyg dock vara svåra att tillämpa i enskilda ärenden, även om det finns tekniska förutsättningar för att utforma planeringsverktyg som även fungerar på en lokal skala (se till exempel Kotta m.fl. 2020). Som en första tillämpning för att ta fram sådana verktyg skulle riskbedömningar av påverkan från olika belastningsfaktorer associerade med havsbaserad vindkraft (till exempel Methratta m.fl. 2020, Bergström m.fl. 2022, Abramic m.fl. 2022) kunna integreras i det kartverktyg som presenteras i Avsnitt 3, som en del av metadata för respektive fiskkarta. Tillsammans med en bedömning av säkerhet i riskbedömningen och sannolikhet för lokal variation kan detta också fungera som en bas för att identifiera faktorer som behöver särskild uppföljning i undersökningsprogram för att täcka kunskapsluckor.

⁷ <https://www.havochvatten.se/arter-och-livsmiljoer/atgarder-skydd-och-rapportering/lektidsportalen.html>

Referenser

- Abramic A, Cordero-Penin V, Haroun R (2022) Environmental impact assessment framework for offshore wind energy developments based on the marine Good Environmental Status. *Environmental impact assessment review* 97: 106862
- Adair RK, Astumian RD, Weaver JC (1998) Detection of weak electric fields by sharks, rays, and skates. *Chaos* 8: 576–587
- Almroth-Rosell E, Wåhlström I, Hansson M, Väli G, Eilola K, Andersson P, Viktorsson L, Hieronymus M, Arneborg L (2021) A Regime Shift Toward a More Anoxic Environment in a Eutrophic Sea in Northern Europe. *Frontiers in Marine Science* 8: 799936
- Andersson MH, Öhman MC (2010) Fish and sessile assemblages associated with wind-turbine constructions in the Baltic Sea. *Marine and Freshwater Research* 61: 642–650
- Andersson, J., Wickström, H., Bryhn, A., Magnusson, K., Odelström, A., & Dekker, W. (2019). Assessing the dynamics of the European eel stock along the Swedish west coast. *Aqua reports*, (2019: 17).
- Aneer G (1989) Herring (*Clupea harengus*) spawning and spawning ground characteristics in the Baltic Sea. *Fisheries Research* 8: 169–195
- Araújo, M., & New, M. (2007) Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology and Evolution*, 22:42-47
- Axenrot T, Didrikas T (2012) Effekter av havsbaserad vindkraft på pelagisk fisk. *Naturvårdsverket Rapport* 6481
- Bergström L, Fredriksson R (2013) Utvärdering av metoder för miljöövervakning av kustfisk i relation till biogeografisk uppföljning samt utveckling av metoder för övervakning av typiska arter fisk. SLU. Redovisning av uppdrag till Artdatabanken enligt överenskommelse nr 228 1208, NV-11090-11.
- Bergström L, Lagenfelt I, Sundqvist F, Andersson I, Andersson M H, Sigray P (2013a) Fiskundersökningar vid Lillgrund vindkraftpark –. Slutredovisning av kontrollprogram för fisk och fiske 2002–2010. På uppdrag av Vattenfall Vindkraft AB. Havs- och vattenmyndigheten, Rapport 2013:18
- Bergström L, Sundqvist F, Bergström U (2013b) Effects of an offshore wind farm on temporal and spatial patterns in the demersal fish community. *Marine Ecology Progress Series* 485: 199–210
- Bergström L, Erlandsson M, Putnis I, Gatt Støttrup J, Kallasvuo M, Bergström U, Jokinen H, Plikšs M, Taal I, Kokkali A, Brown E, Husa S, Saks L, Selnes T, Svirgdsen R, Sundström L, Yurtseva AO, Ustups D (2021) Essential fish habitats

- in the Baltic Sea – Identification of potential spawning, recruitment and nursery areas. HELCOM.
- Bergström L, Öhman MC, Berkström C, Isæus M, Kautsky L, Koehler B, Sandman AN, Ohlsson H, Ottvall R, Schack H, Wahlberg M (2022) Effekter av havsbaserad vindkraft på marint liv. *Vindval Naturvårdsverket Rapport 7049*
- Birchenough SNR, 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* 77:1075–1078
- Bleil M, Oeberst R, Urrutia P (2009) Seasonal maturity development of Baltic cod in different spawning areas: importance of the Arkona Sea for the summer spawning stock. *Journal of Applied Ichthyology* 25: 10–17
- Bourlat, S. J., Faust, E., Wennhage, H., Wikström, A., Rigby, K., Vigo, M., ... & André, C. (2021). Wrasse fishery on the Swedish West Coast: towards ecosystem-based management. *ICES Journal of Marine Science*, 78(4), 1386-1397.
- Bryhn, A. C., Bergek, S., Bergström, U., Casini, M., Dahlgren, E., Ek, C., ... & Wennhage, H. (2022). Which factors can affect the productivity and dynamics of cod stocks in the Baltic Sea, Kattegat and Skagerrak? *Ocean & Coastal Management*, 223, 106154.
- 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: 1777-1786.
- Börjesson, P., Norén, K., & Valentinsson, D. (2022) Occurrence of sharks, rays and rabbit fish in the Greater North Sea—and catches in Swedish fisheries. *Aqua reports*, (2022: 14).
- Carstensen, J., Andersen, J. H., Gustafsson, B. G., & Conley, D. J. (2014) Deoxygenation of the Baltic Sea during the last century. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(15), 5628-5633.
- Casini, M., Cardinale, M., Hjelm, J., & Vitale, F. (2005) Trends in CPUE and related changes in spatial distribution of demersal fish species in the Kattegat and Skagerrak, eastern North Sea, between 1981 and 2003. *ICES Journal of Marine Science*, 62(4), 671-682.
- Claisse JT, Pondella DJ, Love M, Zahn LA, Williams CM, Williams JP, Bull AS (2014) Oil platforms off California are among the most productive marine fish habitats globally. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111: 15462–15467
- Degraer S, Carey DA, Coolen JWP, Hutchison ZL, Kerckhof F, Rumes B, Vanaverbeke J (2020) Offshore wind farm artificial reefs affect ecosystem structure and functioning: A synthesis. *Oceanography* 33:48–57
- Depellegrin D, Hansen HS, Schrøde L, Bergström L, Romagnoni G, Steenbeek J, Gonçalves M, Carneiro G, Hammar L, Pålsson J, Schmidtbauer Crona J, Hume D, Kotta J, Fetissov M, Miloš A, Kaitaranta J, Menegon S (2021) Current status, advancements and development needs of geospatial decision support tools for marine spatial planning in European Seas. *Ocean and Coastal management* 209: 105644

- De Troch M, Reubens JT, Heirman E, Degraer S, Vincx M (2013) Energy profiling of demersal fish: A case-study in wind farm artificial reefs. *Marine Environmental Research* 92: 224–233
- Diaz H, Guedes Soares C (2020) Review of the current status, technology and future trends of offshore wind farms. *Ocean Engineering* 209: 107381
- Eklöf J, Sundblad G, Erlandsson M, Donadi S, Hansen J, Eriksson BK, Bergström U (2020) A spatial regime shift from predator to prey dominance in a large coastal ecosystem. *Communications Biology* 3: 1–9
- Elith, J., Leathwick, J.R. (2009) Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 40 (1): 677–697
- EU (2024) Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2024/1991 av den 24 juni 2024 om restaurering av natur och om ändring av förordning (EU) 2022/869. *Europeiska unionens officiella tidning*, L-serien.
- Erlandsson M, Fredriksson R, Börjesson P, Bergström U (Opubl.). Kartläggning av viktiga livsmiljöer för benfisk i Västerhavet. *Aqua reports*.
- Erlandsson M, Fredriksson R, Bergström U (2021) Kartering av viktiga uppväxtområden för fisk i grunda kustområden i Östersjön. *Aqua reports* 2021:17 (SLU)
- Erlandsson M, Fredriksson R, Börjesson P, Olin A, Bergström U (2024) Kartläggning av viktiga livsmiljöer för hajar och rockor i Västerhavet. *Aqua reports* 2024:8 (SLU)
- Gill, A. B., Gloyne-Philips, I., Kimber, J., & Sigray, P. (2014). Marine renewable energy, electromagnetic (EM) fields and EM-sensitive animals. *Marine renewable energy technology and environmental interactions*, 61–79.
- Gill AB, Bremner J, Vanstaen K, Blake S, Mynott F, Lincoln S (2025) Limited Evidence Base for Determining Impacts (or not) of offshore wind energy developments on commercial fisheries species. *Fish and Fisheries* 26: 155-170
- Gilljam D, Bartolino V, Bergenius Nord M, Cardinale M, Valentinsson D (2022) Beställning storleksstruktur strömming i Bottniska viken (SD 30–31). SLU.aqua.2022.5.5.309. Sveriges lantbruksuniversitet.
- Grüss, A., Kaplan, D. M., Guénette, S., Roberts, C. M., & Botsford, L. W. (2011) Consequences of adult and juvenile movement for marine protected areas. *Biological Conservation*, 144(2), 692-702.
- GWEC (2024) Global offshore wind report. Global Wind Energy Council
- Halvorsen MB, Casper BM, Woodley CM, Carlson TJ, Popper AN (2012a) Threshold for onset of injury in Chinook salmon from exposure to impulsive pile driving sounds. *PLoS ONE* 7
- Halvorsen MB, Casper, BC, Matthews F, Carlson TJ, Popper AN (2012b) Effects of exposure to pile driving sounds on the lake sturgeon, Nile tilapia, and hogchoker. *Proceeding Royal Society B* 279:47
- Hammar S, Molander J, Pålsson J, Schmidtbauer C, Carneiro G, Johansson T, Hume D, Kågesten G, Mattsson D, Törnqvist O, Zillén L, Mattsson M, Bergström U, Perry D, Caldow C, Andersen JH (2020) Cumulative impact assessment for ecosystem-based marine spatial planning. *Science of the Total Environment* 734: 39024

- Havs- och vattenmyndigheten (2021) Marin strategi för Nordsjön och Östersjön. Åtgärdsprogram för havsmiljön 2022–2027 enligt havsmiljöförordningen. Rapport 2021:20
- Havs- och vattenmyndighet (2022) Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten 2021 Resursöversikt. Havs- och vattenmyndighet Rapport 2022:2
- Havs- och vattenmyndigheten (2024) Marin strategi för Nordsjön och Östersjön. Marin strategi för Nordsjön och Östersjön 2024–2029 Bedömning av miljötillstånd och socioekonomisk analys. Rapport 2024:12
- HELCOM (2023) State of the Baltic Sea. Third HELCOM holistic assessment 2016-2021. Baltic Sea Environment Proceedings n°194
- Hestetun JT, Ray JL, Murvoll KM, Kjølhamar A, Dahlgren TG (2023) Environmental DNA reveals spatial patterns of fish and plankton diversity at a floating offshore wind farm. *Environmental DNA* 5: 1289–1306
- Hilvarsson, A., Bland, B., & Börjesson, P. (2024) Trålundersökning av fisk i Västerhavet. *Aqua notes*, (2024: 31).
- Håkansson B, Alenius P, Brydsten L (1996) Physical environment in the Gulf of Bothnia. *Ambio*: 5-12
- IPCC (2023) Climate Change 2023: Synthesis Report, Summary for Policymakers. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland.
- Isaeus M, Beltrán J, Isaeus ES, Öhman MC, Andersson-Li M (2022) Ekologiskt hållbar vindkraft i Östersjön. *Vindval Naturvårdsverket Rapport 7055*
- Jeppsson J, Larsen PE, Larsson A (2008) Technical description Lillgrund wind power plant. Lillgrund pilot project.
- Karlsson M, Kraufvelin P, Östman Ö (2020) Kunskapssammanställning om effekter på fisk och skaldjur av muddring och dumpning i akvatiska miljöer. En syntes av grumlingens dos och varaktighet. *Aqua Reports* 2020:1 (SLU)
- Klimat- och näringslivsdepartementet (2023a) Regeringsbeslut 2023-05-15 KN2023/01077. Ansökan om tillstånd enligt lagen (1992:1140) om Sveriges ekonomiska zon för uppförande och drift av vindkraftparken Galatea-Galene
- Klimat- och näringslivsdepartementet (2023b) Regeringsbeslut 2023-05-15 KN2023/01060. Ansökan om tillstånd enligt lagen (1992:1140) om Sveriges ekonomiska zon för uppförande och drift av vindkraftparken Kattegatt Syd
- Klimat- och näringslivsdepartementet (2024a) 13 stycken regeringsbeslut gällande ansökningar om tillstånd enligt lagen (1992:1140) om Sveriges ekonomiska zon m.m. för byggandet av vindparkerna Arkona, Aurora, Baltic Offshore Beta, Baltic Offshore Delta North, Cirrus, Dyning, Erik Segersäll, Neptunus, Pleione, Skidbladner, Skåne Havsvindpark, Södra Victoria, Triton
- Klimat- och näringslivsdepartementet (2024b) Regeringsbeslut 2024-11-04 KN2023/00991. Ansökan om tillstånd enligt lagen (1992:1140) om Sveriges ekonomiska zon för uppförande, drift och avveckling av vindkraftsparken Poseidon

- Koehler B, Erlandsson M, Karlsson M, Bergström L (2022) Species richness and functional attributes of fish assemblages across a large-scale salinity gradient in shallow coastal areas. *Biogeosciences* 19, 2295–2312
- Koehler B, Dannewitz J, Bergström L (2024) Kan havsbaserad vindkraft påverka vandrande lax? *Aqua notes* 2024:28
- Kotta J, Fetissov M, Szava-Kovats R, Aps R, Martin G (2020) Online tool to integrate evidence-based knowledge into cumulative effects assessments: linking human pressures to multiple nature assets. *Environmental Advances* 2: 100026
- Kraufvelin P m.fl. (2018) Essential coastal habitats for fish in the Baltic Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 204: 14–30
- Kraufvelin P, Bergström L, Sundqvist F, Ulmestrand M, Wennhage H, Wikström A, Bergström U (2023) Rapid re-establishment of top-down control at a no-take artificial reef. *Ambio* 52: 556–570
- Krause-Jensen, D., Duarte, C. M., Sand-Jensen, K., & Carstensen, J. (2021) Century-long records reveal shifting challenges to seagrass recovery. *Global Change Biology*, 27(3), 563-575.
- Kulatska N, Neuenfeldt S, Beijer U, Elvarsson B, Wennhage H, Stefansson G, Bartolino V (2019) Understanding ontogenic and temporal variability of Eastern Baltic cod diet using a multispecies model and stomach data. *Fisheries Research* 211: 338–349
- Kulatska N, Howell D, Wright PJ, Jónsdóttir IG (Eds) (2024) *Biology and Ecology of Atlantic Cod* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003120872>
- Kullander SO, Nyman L, Jilg K, Dellling B (2012) Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Strålfeniga fiskar. Actinopterygii. Artdatabanken SLU, Uppsala
- Kuosa H, Fleming-Lehtinen V, Lehtinen S, Lehtiniemi M, Nygård H, Raateoja M...Suikkanen, S (2017) A retrospective view of the development of the Gulf of Bothnia ecosystem. *Journal of Marine Systems* 167: 78-92
- Lagenfelt I, Andersson I, Westerberg H (2012) Blankålsvandring, vindkraft och växelströmsfält. *Vindval Naturvårdsverket Rapport* 6479
- Länsstyrelsen (2007) Hummerrevsprojektet Slutrapport. Länsstyrelsens i Västra Götalands Län. Rapport 2007:41
- Länsstyrelsen (2014) Bevarandeplan för Finngrundet - Östra banken. Länsstyrelsen Gävleborg
- Länsstyrelsen (2021) Bevarandeplan för Natura 2000-området SE0330308 Hoburgs bank och Midsjöbankarna. Länsstyrelsen Gotlands län och Kalmar län
- Länsstyrelserna Sverige (2021) Planeringsunderlag för marina kulturmiljövärden i den nationella havsplaneringen Nationell sammanställning av regleringsbrevsuppdrag RB2021:3B4
- Magnuson-Stevens Fisheries Conservation and Management Act. As amended through 12 Jan 2007 (2007) Second printing. U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration and National Marine Fisheries Service.
- Malafry M, Öhman MC (2022) Rättsliga förutsättningar för havsbaserad vindkraft. *Vindval Naturvårdsverket Rapport* 7028

- Maxwell SM, Kershaw F, Locke CC, Conners MG, Dawson C, Aylesworth S, Loomis R, Johnson AF (2022) Potential impacts of floating wind turbine technology for marine species and habitats. *Journal of Environmental Management* 307: 114577
- McKeown NJ, Carpi P, Silva JF, Healey AJ, Shaw PW, van der Kooij, J (2020) Genetic population structure and tools for the management of European sprat (*Sprattus sprattus*). *ICES Journal of Marine Science* 77: 2134–2143
- Methratta ET (2020) Monitoring fisheries resources at offshore wind farms: BACI vs. BAG designs. *ICES Journal of Marine Science* 77: 890–900
- Momigliano, P, GP Denys, H Jokinen, and J Merilä (2018) *Platichthys solemdali* sp. nov. (Actinopterygii, Pleuronectiformes): a new flounder species from the Baltic Sea. *Frontiers in Marine Science* 5:225
- Naisbett-Jones LC, Putman NF, Stephenson JF, Ladak S, Young KA (2017) A magnetic map leads juvenile European eels to the Gulf Stream. *Current Biology* 27: 1236–1240
- Naisbett-Jones LC, Lohmann KJ (2022) Magnetoreception and magnetic navigation in fishes: a half century of discovery. *Journal of Comparative Physiology A* 208: 19–40
- Naturvårdsverket (2010) Undersökning av utsjöbankar, inventering, modellering och naturvärdesbedömning. *Naturvårdsverket Rapport* 6385
- Nissling A, Westin L (1997) Salinity requirements for successful spawning of Baltic and Belt Sea cod and the potential for cod stock interaction in the Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series* 152: 261-271
- Nix., H. (1986) A biogeographic analysis of Australian Elapid snakes. R. Longmore (Ed.), *Snakes: Atlas of Elapid snakes of Australia, Bureau of Flora and Fauna*, Canberra (1986), pp. 4-10
- Oh KY, Nam W, Ryu MS, Kim JY, Epureanu BI (2018) A review of foundations of offshore wind energy converters: current status and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 88: 16–36
- Olin A, Olsson J, Eklöf J, Eriksson BK, Kaljuste O, Briekmane L, Bergström U (2022) Increases of opportunistic species in response to ecosystem change: the case of the Baltic Sea three-spined stickleback. *ICES Journal of Marine Science* 79: 1419–1434
- Olin A m.fl. (opubl.) Preserved cod stock generates ecosystem services via maintained top-down trophic control (MPA4Sustainability project)
- Orio A, Bergström U, Casini M, Erlandsson M, Eschbaum R, Hüsey K, Lehmann A, Ložys L, Ustups D, Florin AB (2017) Characterizing and predicting the distribution of Baltic Sea flounder (*Platichthys flesus*) during the spawning season. *Journal of Sea Research* 126:46-55
- Parmanne, R. (1998) Herring fishery in the Bothnian Sea (southern Gulf of Bothnia) and the North Sea: similarities and differences. *Boreal environment research*, 3, 321-328.
- Peck MA, Baumann H, Bernreuther M, Clemmesen C, Herrmann JP, Haslob H, Voss R (2012) The ecophysiology of *Sprattus sprattus* in the Baltic and North Seas. *Progress in Oceanography* 107: 31–46

- Pekcan-Hekim Z, Gårdmark A, Karlson AML, Kauppila P, Bergström L (2016) The role of climate and fisheries on the temporal changes in the Bothnian Bay food web. *ICES Journal of Marine Science* 73: 1739–1749
- Piet G, Grundlehner A, Jongbloed R, Tamis J, De Vries P (2023) SCAIRM: a spatial cumulative assessment of impact risk for management. *Ecological Indicators* 157: 111157
- Poćwierz-Kotus A, Kijewska A, Petereit C, Bernaś R, Więcaszek B, Arnyasi M...Wenne R (2015) Genetic differentiation of brackish water populations of cod *Gadus morhua* in the southern Baltic, inferred from genotyping using SNP arrays. *Marine genomics* 19: 17–22
- Putman NF, Lohmann KJ, Putman EM, Quinn TP, Klimley AP, Noakes DLG (2013) Evidence for geomagnetic imprinting as a homing mechanism in Pacific Salmon. *Current Biology* 23: 312–316
- Quintela M, Kvamme C, Bekkevold D, Nash RDM, Jansson E, Sørvik AG, Taggart JB, Skaala Ø, Dahle G, Kevin A. Glover KA (2020) Genetic analysis redraws the management boundaries for the European sprat. *Evolutionary Applications* 13: 1906–1922
- Reubens JT, Vandendriessche S, Zenner AN, Degraer S, Vincx M (2013) Offshore wind farms as productive sites or ecological traps for gadoid fishes? – Impact on growth, condition index and diet composition. *Marine Environmental Research* 90: 66–74
- Reubens JT, Degraer S, Vincx M (2014a) The ecology of benthopelagic fishes at offshore wind farms: a synthesis of 4 years of research. *Hydrobiologia* 727: 121–136
- Reubens JT, Maarten DR, Degraer S, Vincx M (2014b) Diel variation in feeding and movement patterns of juvenile Atlantic cod at offshore wind farms. *Journal of Sea Research* 85: 214–221
- Rova, C., & Carlsson, L. (2001) When regulation fails: vendace fishery in the Gulf of Bothnia. *Marine Policy*, 25(5), 323-333.
- Sanchez-Hernandez J, Nunn AD, Colin E. Adams CE, Amundsen PA (2019) Causes and consequences of ontogenetic dietary shifts: a global synthesis using fish models. *Biological Reviews* 94: 539–554
- Sigraý P, Linné M, Andersson MH, Nöjd A, Persson LK, Gill AB, Thomsen F (2022) Particle motion observed during offshore wind turbine piling operation. *Marine Pollution Bulletin* 180: 113734
- SLU Artdatabanken (2020). Rödlistade arter i Sverige 2020
- SLU Fiskbarometern (2024). Resursöversikt 2023
- Tesch FW, Wendt T, Karlsson L (1992) Influence of geomagnetism on the activity and orientation of eel, *Anguilla anguilla*, as evident from laboratory experiment. *Aquatic Ecology Freshwater Fish* 1: 52–60
- Thorman S, Wiederholm AM (1986) Food, habitat and time niches in a coastal fish species assemblage in a brackish water bay in the Bothnian Sea, Sweden. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 95: 67-86
- Tsouvalas A, Metrikine AV (2016) Noise reduction by the application of an air-bubble curtain in offshore pile driving. *Journal of Sound and Vibration* 371: 150–170

- Van der Meij H, Kastelein R, van Eekelen E, van Koningsveld M (2015) FaunaGuard: a scientific method for deterring marine fauna. *Terra et Aqua* 138: 17–24
- Van Hal R, Griffioen AB, van Keeken OA (2017) Changes in fish communities on a small spatial scale, an effect of increased habitat complexity by an offshore wind farm. *Marine Environmental Research* 126: 26–36
- Vieira M, Amorim CP, Sundelo A, Prista N, Fonseca PJ (2020) Underwater noise recognition of marine vessels passages: two case studies using hidden Markov models. *ICES Journal of Marine Science* 77: 2157–2170
- Vindbrukskollen (2024) <https://vbk.lansstyrelsen.se/>
- Wilber DH, Carey DA, Griffin M (2018) Flatfish habitat use near North America's first offshore wind farm. *Journal of Sea Research* 139: 24–32
- Zhou, B., Zhang, Z., Li, G., Yang, D., & Santos, M. (2023). Review of key technologies for offshore floating wind power generation. *Energies*, 16(2), 710.
- Öhman MC (2006) Konstgjorda marina rev och fiskbiotoper. *Kustfiske och fiskevård*, sid. 187–191 (redaktörer Lindgren B, Carlstrand H)
- Öhman MC, Sigra P, Westerberg H (2007) Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish. *Ambio* 36: 630–633
- Öhman MC (2023) Effekter av havsbaserad vindkraft på fisk. *Vindval Naturvårdsverket Rapport* 7115

Tack

Rapporten presenterar resultat från ett uppdrag från Länsstyrelserna till institutionen för akvatiska resurser (SLU Aqua) att underlätta och effektivisera hanteringen av tillståndprocesser för havsbaserad vindkraft, med fokus på att ta fram rumsliga underlag över fiskars utbredning och säsongsmässiga variationer i våra svenska havsområden (Länsstyrelsen i Hallands län, Diarienummer 1192–2024). Vi tackar Petra Edman, Björn Fagerholm, Piotr Rowinski och Andreas Pettersson, samt de interna granskarna vid SLU Aqua, för återkoppling och synpunkter för framtagandet av rapporten och den webbaserade appen som utvecklades inom projektet.

