



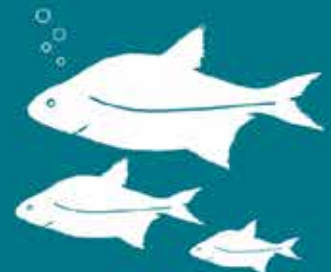
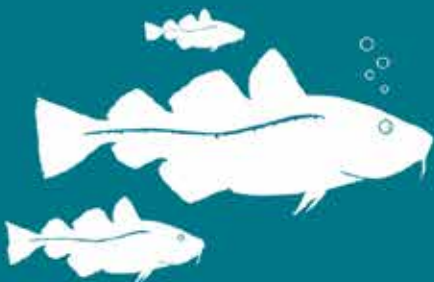
# Aqua notes 2024:28

## Kan havsbaserad vindkraft påverka vandrande lax?

---

Birgit Koehler, Johan Dannewitz och Lena Bergström

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU  
Institutionen för akvatiska resurser





# Kan havsbaserad vindkraft påverka vandrande lax?

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

Johan Dannewitz, <https://orcid.org/0000-0003-3548-6023>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

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

## Rapportens innehåll har granskats av:

Frida Sundqvist Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser  
Mattias Sköld, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

**Finansiär:** Havs- och vattenmyndigheten, Dnr 2024-000843 (SLU-ID: SLU.aqua.2024.4.2-126)

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

<b>Rekommenderad citering:</b>	Koehler, B., Dannewitz, J., Bergström, L. (2024). Kan havsbaserad vindkraft påverka vandrande lax? Aqua notes 2024:28. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. <a href="https://doi.org/10.54612/a.206iiu3m7t">https://doi.org/10.54612/a.206iiu3m7t</a>
<b>Publikationsansvarig:</b>	Noél Holmgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
<b>Redaktör:</b>	Stefan Larsson, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
<b>Utgivare:</b>	Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
<b>Utgivningsår:</b>	2024
<b>Utgivningsort:</b>	Uppsala
<b>Illustration framsida:</b>	Torsk (t.v.): Fredrik Saarkoppel; Braxen (t.h.): SLU
<b>Upphovsrätt:</b>	Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
<b>Serietitel:</b>	Aqua notes
<b>Delnummer i serien:</b>	2024:28
<b>ISBN (elektronisk version):</b>	978-91-8046-661-5
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.54612/a.206iiu3m7t">https://doi.org/10.54612/a.206iiu3m7t</a>
<b>Nyckelord:</b>	havsbaserad vindkraft, lax, elektromagnetiska fält, havsplanering
<b>Uppdatering:</b>	-

© 2024 Birgit Koehler, Johan Dannewitz, Lena Bergström

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

## Sammanfattning

- Bedömningen baseras på litteratur om laxens biologi och om påverkansfaktorer från havsbaserad vindkraft. Det finns i dagsläget inga vindparker där det förekommer lax i svenska hav så att man kan studera faktiska effekter, och inte heller några undersökningar från vindparker i andra länder.
- Enligt nuvarande kunskapsläge bedöms risken som låg att vandrande lax påverkas negativt, om vindparker anläggs med bottenfasta fundament med ett långt avstånd mellan tornen och lokaliseras i utsjön på ett inte alltför grunt vattendjup (mer än cirka 30 meter).
- Risken för negativ påverkan på vandrande lax bedöms som låg även vid användning av flytande fundament, men osäkerheten är något högre. De kablar som transporterar el från flytande fundament kommer att ligga i vattenmassan och skulle komma närmare laxen än vid användning av bottenfasta fundament. Det magnetiska fältet från kablarna har dock en mycket begränsad spridning, i storleksordningen högst enstaka meter.
- Även om risken bedöms som låg så är det viktigt med uppföljande studier i och omkring de vindparker som anläggs, med fokus på att klarlägga laxens beteende vid anläggningarna. Om flera vindparker byggs är en samordnad övervakning viktig för att kunna följa eventuella kumulativa effekter. Syftet med undersökningarna skulle vara att klarlägga kunskapsläget och ge möjlighet att identifiera behov av anpassningar för att lindra eventuella oförutsedda negativa effekter på större rumslig skala, till exempel vandringsmönster.

## Summary

- There are currently no empirical studies of how offshore wind farms might affect migrating salmon in Swedish sea areas as there are currently no wind farms in the concerned areas.
- Based on the available knowledge on salmon biology and pressures from offshore wind farms, the risk of negative impacts of offshore wind farms on migrating salmon is assessed as low when fixed turbines are used, there is a large distance between the turbines and wind farms are located offshore avoiding shallow waters (limit around 30 meters depth).
- The risk of impact on migrating salmon is also assessed as low in the case of floating wind farms, but the uncertainty is somewhat higher. As cables for transporting electricity will be present in the water column, they may come closer to the salmon than when using fixed turbines. However, the range within which electromagnetic fields can be detected is very limited, not more than a few meters from the cables.
- Even if the risk is assessed as low, it is important to conduct follow-up studies in and around any wind farms that are established, with a focus on clarifying the behaviour of salmon close to the structures. If many wind farms are built, coordination of the monitoring is important to be able to follow potential cumulative effects. The purpose of such studies would be to gain empirical information and make it possible to document any unforeseen negative effects on larger spatial scale and initiate any needed adjustments to mitigate these.

# Innehållsförteckning

<b>1. Rapportens ursprung och syfte</b> .....	<b>7</b>
<b>2. Hur ser laxens livscykel och vandringsmönster ut?</b> .....	<b>8</b>
<b>3. Är östersjölaxen hotad?</b> .....	<b>9</b>
<b>4. Vilka är riskerna för lax vid byggnation av havsbaserade vindparker?</b> .....	<b>10</b>
<b>5. Kan laxen påverkas av havsbaserad vindkraft i drift?</b> .....	<b>11</b>
Box 1. Fördjupning om elektromagnetiska fält, el i vindparker och lax .....	13
<b>6. Hur kan man undvika risker för lax vid havsbaserad vindkraft?</b> .....	<b>17</b>
<b>7. Vilka andra faktorer påverkar statusen hos lax?</b> .....	<b>19</b>
<b>8. Kunskapsbehov</b> .....	<b>20</b>
<b>9. Referenser</b> .....	<b>21</b>



# 1. Rapportens ursprung och syfte

Frågan om havsbaserad vindkraft kan påverka lax är aktuell i Östersjön där flera vindparker planeras. Laxen som föds i våra älvar vandrar genom Bottniska viken och använder både Bottniska viken och Egentliga Östersjön som födosöks- och uppväxtområde. Den här rapporten sammanställer kunskapsläget om påverkan från havsbaserad vindkraft på vandrande lax och ger en bedömning av risken för påverkan från havsbaserad vindkraft givet aktuellt kunskapsläge.

Det angivna kunskapsläget är baserat på en riktad sökning av vetenskapliga artiklar och rapporter i april 2024, samt Ices Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST) rapport från 2024. Bedömningen avser den helhetsmässiga risken för laxbestånd i samband med utbyggnad av havsbaserad vindkraft. Texten är disponerad kring några centrala frågor som presenteras i respektive rubriker nedan. Rapporten har tagits fram på uppdrag av Havs- och Vattenmyndigheten och lägger enligt uppdraget särskild fokus på risker under byggnation och drift, med en mer omfattande del om elektromagnetiska fält.

## 2. Hur ser laxens livscykel och vandringsmönster ut?

**Kunskapen om laxens vandringsmönster i Östersjön är begränsad, men det är sannolikt att laxen under sin vandring använder de områden som är planerade som lämpliga för vindkraftutbyggnad.**

Lax (*Salmo salar*) är en vandringsfisk. Laxungarna föds och växer upp i åar eller älvar, och vandrar ut i Östersjön när de når cirka 15 centimeters längd. Laxen tillväxer i Östersjön och efter ett eller flera år i havet återvänder de till sin födelseplats för lek (Fiskbarometern.se).

Den kunskap som finns om laxens vandringsvägar till havs handlar i första hand om hur laxen vandrar i kustområdet, medan kunskapen om utsjön är begränsad. Tidigare märkningsstudier visar att den unga laxen, under sin vandring söderut mot det huvudsakliga uppväxtområdet i södra Östersjön, vandrar längs både den svenska och finska sidan av Bottenviken men att den i Bottenhavet främst använder den svenska sidan (Ikonen 2006). När det gäller den vuxna laxens återvandring till älvarna så vandrar de nordliga bestånden (t.ex. de som hör till Torne och Kalix älvar) i stor utsträckning längs den finska kusten i hela Bottniska viken, baserat på analyser av stickprov från det kustnära yrkesfiskets fångster i Finland. Andra bestånd (till exempel utsatt lax från kompensationsodlingar enligt vattendomar i svenska älvar i Bottenhavet) tycks i större utsträckning förekomma längs den svenska kusten (Whitlock m.fl. 2018). Eftersom den information som finns kommer från stickprov från yrkesfisket är den begränsad till de områden där det förekommer fiske. Idag sker fiske efter lax framför allt med laxfällor vid kusten. Sannolikt nyttjar laxen större områden av havet än de områden som idag används av yrkesfisket. Till exempel så fanns det tidigare ett drivgarnsfiske efter lax längre ut till havs, som idag är förbjudet, men som visar på att laxen vandrar och födosöker även där.



### 3. Är östersjölaxen hotad?

**Laxbestånden i Bottniska viken hade tidigare svag status men har återhämtat sig under de senaste två årtiondena. Överlevnaden till havs har dock sjunkit under senare år, vilket främst tycks drabba ung lax som nyligen vandrat ut från älvarna och orsaker till detta behöver klarläggas.**

Utvecklingen hos laxbestånden i Bottniska viken har varit positiv sedan slutet av 1990-talet, vilket antas bero på minskat havsfiske, restaurering av vattendrag, samt relativt låg dödlighet i sjukdomen M74 (Fiskbarometern.se). Det finns dock fortfarande vattendrag där laxbestånden är svaga. I till exempel Ljungan och Vindelälven har sjukdomsutbrott hos vuxen lax under senare år resulterat i låg rekrytering (Ices 2024). Även om sjukdomsläget har förbättrats påverkar den tidigare låga rekryteringen fortfarande mängden återvandrande vuxen lax.

Beståndsanalyser indikerar därtill att den unga laxens överlevnad i havet har sjunkit under senare år (Dannewitz m.fl. 2023, Ices 2024). Det är i dagsläget oklart om denna förändring utgör en tillfällig svacka eller början på en längre period med låg överlevnad hos ung lax som nyligen vandrat ut från älvarna. Det finns behov av att klarlägga orsaker samt utreda om kopplingar finns till förändringar i Bottniska vikens näringsväv (Faithfull m.fl. in prep.), relaterat exempelvis till klimatförändringar och brist på föda för laxen (Dannewitz m.fl. 2023, Fiskbarometern.se).

## 4. Vilka är riskerna för lax vid byggnation av havsbaserade vindparker?

**När vindparker byggs är skyddsåtgärder viktiga för att undvika att marina djur skadas av impulsivt buller, och detta gäller även för lax. Det är viktigt att planlägga aktiviteter noggrant i tid för att undvika särskilt känsliga tidsperioder, som huvudsakliga vandrings-tider, och kumulativa effekter, om flera vindparker anläggs samtidigt i samma havsområde.**

När vindparker anläggs till havs uppkommer högimpulsiva ljud i samband med till exempel sprängningar och pålning, som används för att förankra fundamenten i botten. Om inga skyddsåtgärder vidtas kan de höga ljudnivåerna orsaka stress, hörselnedsättning, fysiologisk skada eller död hos fisk (Bergström m.fl. 2023, Öhman 2023). Behovet att minimera risk för påverkan från höga ljudnivåer är viktig även för lax. Risken för skador kan undvikas genom att planlägga aktiviteter i tid, för att undvika störning under laxens huvudsakliga vandrings-tider, samt i rum, för att undvika att flera vindparker anläggs samtidigt i samma havsområde.

Vid byggnationen kan grumling uppstå i samband med exempelvis grävning och borrhning, då sediment kan frisättas och spridas under en begränsad tidsperiod. Hos fiskar är risken för att påverkas negativt av grumling högst för unga livsstadier, till exempel ägg och larver (Bergström m.fl. 2023, Öhman 2023). Risken att lax störs av sedimentspridning i samband med byggnation är mycket låg, då de yngre känsligare livsstadierna lever i åar och älvar där det inte byggs vindkraft.

## 5. Kan laxen påverkas av havsbaserad vindkraft i drift?

**Under driftsfasen bildar vindkraftverken nya strukturer i havet som kan locka till sig arter. En rev-effekt skulle även kunna locka lax till tornens närhet. Om och hur laxen påverkas av detta är dock oklart.**

Den nya livsmiljön som skapas av vindkraftverkens fundament kan attrahera vissa fiskarter som kan hitta skydd eller föda nära fundamenten. Man brukar säga att det uppstår en rev-effekt runt vindkraftverkens fundament (Degraer m.fl. 2023). En rev-effekt kan förväntas uppstå både vid användning av fasta och flytande fundament, och båda typerna av strukturer når miljöer för frivattenlevande arter som till exempel lax. Det är inte osannolikt att även lax lockas till fundamenten, även om de studier av vindparker som finns idag har observerat bottennära fiskarter (Bergström m.fl. 2022). De nya strukturerna skulle kunna gynna lax som födosöker om den får lättare att hitta bytesfisk. Det är oklart om den nya miljön skulle locka laxen att stanna kvar och därmed avhålla den från att vandra, men det saknas belägg för att detta skulle inträffa eller att det skulle påverka laxen negativt.

**Det är inte sannolikt att ljud från vindparker under drift är skadliga för lax mot bakgrund av att lax naturligt lever i älvar med hög ljudnivå och inte leker i de områden som är aktuella för vindkraft.**

Under driften uppstår kontinuerliga ljud som en följd av vibrationer i tornet eller ljud från maskinhuset, vilket kan orsaka stress och eventuellt påverka vissa beteenden hos fisk. De studier som finns idag visar dock att ljudeffekter från vindparker i drift inte ger direkt skada på fisk eller fiskars beteende, även om det inte har studerats hur stress från ljud kan påverka fisk på längre sikt (Bergström m.fl. 2022, Öhman 2023). Det skulle kunna anses osannolikt att ljud från vindparken är skadliga för laxens fysiologi, mot bakgrund av att ljudliga miljöer är en del av artens naturliga utbredning. Laxen leker inte i de områden som är aktuella för vindkraft. Det är inte känt hur lax kommunicerar under sin vandring, eller om vandringen kan påverkas av ljud från vindparker.

**Fiskeridödligheten för lax i öppet vatten skulle kunna minska, om införandet av vindparker leder till minskat trålfiske i områden där lax kan ingå som bifångst.**

Som en indirekt effekt av havsbaserade vindparker skulle dödligheten för lax i öppet vatten kunna minska, om vindparker leder till att fiske med sannolik bifångst av lax minskar. I Bottniska viken sker framför allt pelagisk trålning efter strömming, där lax kan förekomma som bifångst.

**Elektromagnetiska fält från elkablar skulle kunna påverka laxens beteende. Risker för negativ påverkan är dock låg om kablarna isoleras väl och särskilt om vindparker anläggs med ett långt avstånd mellan tornen på ett inte alltför grunt vattendjup.**

I havsbaserade vindparker läggs omfattande nätverk av undervattenskablar på havsbotten, och i flytande vindkraftsparker ingår även kablar som hänger i vattenmassan för att transportera elen som produceras (Farr m.fl. 2021). Lax använder information om jordens naturliga magnetfält som stöd för navigering, vilket gör att elektromagnetiska fält som avges från kablarna potentiellt kan störa laxens vandring genom att maskera eller ändra den magnetiska informationen i kabelns direkta närhet. Det magnetiska fältet från elkablarna har dock en mycket liten spridning, i storleksordningen högst enstaka meter, och det finns tekniker för att begränsa risken genom hur kablarna utformas och läggs ned (Bergström m.fl. 2022, Öhman 2023, samt stycke 6). Även faktorer som vattendjupet, antalet installationer och deras avstånd från viktiga livsmiljöer är viktiga för att bedöma risken för påverkan.

Det finns inga studier som specifikt utvärderat effekter på lax i Östersjön. På basen av det generella kunskapsläget om elektromagnetiska fält och laxens biologi skattas risken för negativ påverkan från elektromagnetiska fält i vindparker dock som låg, speciellt om vindparker anläggs med ett långt avstånd mellan tornen och på ett inte alltför grunt vattendjup. Bedömningen gäller också flytande vindparker, även om osäkerheten är något högre. De kablar som transporterar el från flytande fundament kommer delvis att ligga i vattenmassan och skulle då komma närmare laxens livsmiljö än vid bottenfasta lösningar. Box 1 ger en fördjupning om lax och elektromagnetiska fält.

## Box 1. Fördjupning om elektromagnetiska fält, el i vindparker och lax

### *Hur uppstår elektromagnetiska fält i havet?*

Elektromagnetiska fält förekommer naturligt i havet eftersom jordens magnetfält kan leda till att det induceras ett svagt elektriskt fält när vattnet rör sig, till exempel som en följd av vattenströmmar eller simmande djur (Albert m.fl. 2020, Copping m.fl. 2021, Gill m.fl. 2014). Utöver detta har människan under lång tid tillfört infrastruktur som skapar elektromagnetiska fält. I havsmiljön kan till exempel broar och elektrisk utrustning ombord på fartyg leda till att det skapas magnetiska fält. Den största källan i havsmiljön är kablar för telekommunikation och framför allt kablar för el-överföring (Albert m.fl. 2020). Kablarna avger inte elektriska fält eftersom elen isoleras i syfte att hålla den inuti kabeln, men de isoleras inte regelmässigt för att minimera magnetiska fält (Copping m.fl. 2021). Ett sekundärt elektriskt fält kan därtill induceras inom det område där den magnetiska komponenten når den marina miljön.

### *Elöverföring i havsbaserade vindparker*

I havsbaserade vindparker läggs omfattande nätverk av undervattenskablar på havsbotten, och i flytande vindkraftsparker ingår även kablar som hänger i vattenmassan för att transportera elen som produceras (Farr m.fl. 2021). Hur omfattande elektromagnetiska fält som uppstår beror på flera faktorer, till exempel vilket strömsystem som används (växelström eller likström), kabelns spänning, antal ledare i kabeln, eller dess konfiguration (Albert m.fl. 2020). Elektromagnetiska fält uppstår också vid de generatorer som sitter inuti vindkraftverkens turbiner. Elektromagnetiska fält som har uppmätts vid turbiner på land är detekterbara enbart inom några meters avstånd. De relativt sett kraftigaste elektromagnetiska fälten uppstår vid transformatorerna (Alexias m.fl. 2020).

Elsystemet består generellt sett av två delar, ett insamlingsystem med kablar för elen som produceras i vindturbinernas generatorer och ett el-överföringssystem med exportkablar. Insamlingskablar är med nuvarande teknik vanligen 15,5–16,5 cm i diameter, med tre-fas växelström och medelhög spänning (10–36 kV). Kablarna transporterar den producerade elen och transformerar den till stegvis högre spänning. Exportkablar transporterar sedan strömmen till land med en spänning på cirka 138–230 kV. Exportkablar är med nuvarande teknik cirka 20–30 cm i diameter. Vindparker som installeras längre ifrån kusten kräver längre exportkablar med högre kapacitet. Om avståndet är högt (överskrider cirka 50 km) brukar strömmen transformeras till likström för exporten (Albert m.fl. 2020, Gill & Bartlett 2010, Öhman 2023).

### *Hur starkt är det elektromagnetiska fältet?*

Storleken på det magnetiska fältet runt en kabel varierar med kabeltyp, konfiguration, material och flera andra faktorer och är svårt att precisera på en generell nivå. Som regel ger kablar med högre strömstyrka upphov till ett högre magnetiskt fält och det fältet minskar snabbt med avstånd till kabeln. Det artificiella magnetfältet kan förväntas vara starkare än det naturliga fältet inom någon meter från kabeln (Bochert & Zettler 2006, Fey m.fl. 2019, Gill m.fl. 2014). Exempelvis så var det magnetiska fältet åtminstone något högre än naturliga bakgrundsvärden inom ett avstånd om 15–20 m från en högspänd likströmkabel, och avvikelser från bakgrundsvärden var mindre än 1 procent inom 5 m avstånd enligt Sherwood m.fl. (2016). Spridningsmönstret blir mer komplext på ställen där flera kablar möts och kan leda till antingen lägre eller högre magnetiska fält, men detta är dålig utrett (Gill m.fl. 2012, Gill & Bartlett 2010, Gill m.fl. 2014). Bottensatta kablar grävs vanligtvis ned cirka 0,3–2 m i havsbotten, vilket också ökar avståndet till vattenmassan. I flytande vindparker finns det dock insamlingskablar även i vattenpelaren.

### *Hur använder laxen magnetisk information?*

Jordens naturliga magnetiska fält varierar med plats beroende på till exempel breddgrad, längdgrad och specifika lokala variationer. Vissa djur kan använda denna information för att orientera sig. I havet kan vissa ryggradslösa djur och fiskar detektera magnetfältet och ta hjälp av detta för att antingen bestämma sin position ("kompassinformation") eller använda som information vid navigering över kortare eller längre sträckor ("magnetisk karta"). Vissa djur använder enbart den ena typen av information medan andra använder båda. Lax kan använda magnetisk information både som kompass för att anpassa sin riktning och som "magnetisk karta". Den senare funktionen är troligen nedärvd – de nykläckta lax-larverna anses använda magnetisk information för att veta i vilken riktning de ska ta sig upp från bottensubstratet, och laxungar präglas på magnetisk information vid och nära uppväxtområdena för att som vuxna hitta ditt igen för lek (Bracis & Anderson 2012).

Trots forskning är det inte klarlagt exakt hur fiskar detekterar magnetfält, om samma mekanism eller olika mekanismer används av olika fiskarter, eller om flera mekanismer används av enskilda arter. Det är inte heller klarlagt precis vilken magnetisk information laxen använder sig av, till exempel om den använder information om lutning och intensitet, och det finns en diskussion om detta beror på det geografiska område där populationen lever (Copping m.fl. 2021, Lohmann m.fl. 2022, Naisbett-Jones & Lohmann 2022).

### *Laxen använder flera olika sinnen för att hitta sin väg*

Att laxen har en "magnetisk karta" betyder inte att den använder sig av denna information konstant eller under alla förhållanden. Sannolikt kan fisken ofta navigera korrekt även utan att använda magnetisk information. Andra informationskällor som laxen använder är till exempel syn, lukt, hörsel och hydrografisk information. Magnetisk information kan vara särskilt viktig när laxen inte har tillgång till andra sinnen, till exempel i öppet vatten. För vandrande lax anses den magnetiska informationen vara viktigast för att laxen ska hitta till närheten av sitt uppväxtområde. Nära själva uppväxtområdet blir sedan lukt och annan kemisk information kring älvens vatten mer viktig. Hur viktig magnetisk information är för en viss population kan också bero på miljön och i vilken grad även annan information kan användas. Kustlinjen är till exempel ett viktigt orienteringsmärke för lax (Bracis & Anderson 2012, Dittman m.fl. 1996, Lohmann m.fl. 2022, Naisbett-Jones & Lohmann 2022, Putman 2018).

### *Forskning om risker för lax*

Den kunskap som finns idag om hur elkablar kan påverka vandrande fisk kommer främst ifrån laboratorier eller kontrollerade fältexperiment och representerar inte naturliga förhållanden eller studier över längre tid (Bochert & Zettler 2006). Forskare har till exempel mätt olika parametrar för fiskarter i laboratorieexperiment med artificiella magnetiska källor. Till exempel studerades ägg och larver av regnbåge efter 36 dagar i ett statiskt magnetiskt fält. I studien noterades inga effekter på mortalitet, kläckningstid, larvernas tillväxt eller tiden för larverna att simma upp från botten, men längre absorptionstider för gulesäcken. I en liknande studie på embryon och larver av gädda noterades inga effekter av ett statiskt magnetiskt fält på kläckningsframgång eller larvernas storlek, tillväxt eller mortalitet, men man noterade en tidigare kläckning, mindre storlek på gulesäcken och kortare absorptionstider för gulesäcken, dock med små effektstorlekar (Fey m.fl. 2019). De studier som har gjorts på fiskars beteende har generellt noterat små effekter av elektromagnetiska fält, så som temporära ändringar i simhastighet eller riktning (Bochert & Zettler 2006, Copping m.fl. 2021, Gill m.fl. 2014, Wyman m.fl. 2018, Öhman m.fl. 2007). Experiment i laboratoriet har till exempel påvisat en ändrad sim-orientering efter att fisken utvecklats i ett modifierat magnetfält jämfört med det naturliga magnetfältet (Gill m.fl. 2012).

Studier som utförs experimentellt sker vanligtvis på ett begränsat antal fiskar och i en förenklad miljö och betyder inte nödvändigtvis att motsvarande förändring skulle finnas hos fisk till havs (Gill & Bartlett 2010). De studier som finns antyder dock att de tidigare utvecklingsstadierna är mest känsliga relativt sett.

Även vid en fältstudie utförd genom biotelemetrisk spårning av smolt av kungslax (*Oncorhynchus tshawytscha*) i San Francisco-bukten noterades enbart små och korttidseffekter, vid mätning av rörelser och migrationsframgång innan och efter en hög-volt direktströmskabel hade aktiverats.

Forskarna noterade inga signifikanta effekter på andelen fisk som hittade vägen till havet eller som överlevde, utan andra faktorer påverkade vandringen mer än kabeln gjorde, exempelvis vattentemperatur, strömförhållanden och fiskens kondition. Eftersom studien studerade kortsiktiga effekter rekommenderade författarna att även genomföra studier av potentiella långtidseffekter av elkablar på fiskvandring: (Wyman m.fl. 2018). I en omfattande analys av betydelsen av olika påverkansfaktorer på lax i England ansågs elektromagnetiska fält vara en mindre viktig faktor jämfört med andra faktorer som klimatförändringar, predation och fiske (Gillson m.fl. 2022).



## 6. Hur kan man undvika risker för lax vid havsbaserad vindkraft?

**Skyddsåtgärder för att minska risken för skador från impulsivt ljud är viktiga för lax, liksom alla fiskarter. Därtill är införande av kontrollprogram viktigt för att förbättra kunskapsläget och ha beredskap att vid behov undvika risker för lax vid en omfattande utbyggnad av havsbaserad vindkraft.**

Risker i samband med högimpulsivt ljud vid anläggning kan minskas genom skyddsåtgärder för att reducera ljudets intensitet och spridning (till exempel genom så kallade bubbelgardiner), och även genom att använda skrämselemetoder för att minska sannolikheten för att fisk förekommer i området. Det finns anledning att använda dessa metoder rutinmässigt men även att följa upp deras effektivitet i praktiken.

Undervattenskablar som används för att transportera elektriciteten till land grävs ofta ned i havsbotten, så att de täckts av ett cirka 0,3–2 m sedimentlager. Där nedgrävning inte är lämpligt finns det andra sätt att öka avståndet mellan kabeln och vattenmassan, som att täcka kablarna med annat hårt material som sten eller betong. Dessa åtgärder genomförs vanligtvis för att skydda kabeln från skador från till exempel ankring eller fiskeutrustning, men leder även till att bottennära fiskar inte exponeras för merparten av det elektromagnetiska fält som finns närmast kabelns yta och som avtar snabbt med avståndet från kabeln.

Det är tekniskt möjligt att isolera kablar för att minska den magnetiska komponenten, även om det som regel inte görs på grund av extrakostnader, behov av ny design eller avsaknad av belägg för att det behövs (Gill m.fl. 2012, Gill & Bartlett 2010). En annan åtgärd kan vara att bunta ihop bipolära kablar istället för att låta dem gå separat, då detta kan reducera belastningen genom att de elektromagnetiska fälten delvis släcker ut varandra (Gill m.fl. 2014).

Eftersom risken för påverkan från magnetfält på lax påverkas av om de befinner sig nära källan och tiden de tillbringar där (Gill & Bartlett 2010) kan en skyddsåtgärd vara att undvika kabeldragning i närheten av älvar och älvmynningar som är viktiga lek- och uppväxtområden för lax.

Eftersom det i stor utsträckning saknas empiriska data är en annan lämplig åtgärd att säkerställa övervakning för att förbättra kunskapsläget i områden där vindparker byggs. Även om risken för skada på lax bedöms som låg så vore det viktigt att göra

uppföljande studier i de vindparker som anläggs, med fokus på att klarlägga laxens beteende vid vindparker över tid. Det här medger en adaptiv förvaltning där vägledningar och beslut kan ses över och anpassas i samband med att ny kunskap blir tillgänglig. Undersökningarna kunde även göra det möjligt att vid behov göra anpassningar under driftsfasen, och övervaka risker för kumulativa effekter vid en ökande utbyggnad. I tillägg kan andra ekologiska effekter behöva följas, som att ta reda på om vindparken kan påverka födotillgången för lax. Till exempel är ung strömning en central födoresurs för den unga laxen när den först vandrar ut i Bottniska viken (Fiskbarometern.se).



*Lax (Salmo salar) hane i rovfiskakvariet på Baltic Sea Science Center (BSSC), Skansen. Fotograf: Mark Harris för SLU.*

## 7. Vilka andra faktorer påverkar statusen hos lax?

**Laxens status påverkas av ett flertal mänskliga faktorer och flera av dem kan ha en betydligt större påverkan på lax än den sannolika påverkan från havsbaserad vindkraft** (Gillson m.fl. 2022, Dannewitz m.fl. 2023).

Framför allt påverkar förstörelse av uppväxtmiljöer i sötvatten laxens fortplantning, och kraftverk och dammar påverkar laxens möjligheter att vandra upp- och nedströms. Under sin lekvandring i havet fångas laxen i fiske längs kusterna och i älvarna. Laxodling och utsättning av odlad lax kan orsaka risker för sjukdom hos vildlaxbestånd, som också kan påverkas av främmande arter och föroreningar (Dannewitz m.fl. 2023, Gillson m.fl. 2022).

Andra faktorer som kan påverka laxbeståndens status och utveckling är predation från säl och fiskätande fågelarter, som skarv, samt sjukdomar. Till exempel är dödligheten i vissa områden periodvis hög på grund av laxsjukdomen M74 (Miljöfaktor-74), framför allt hos nykläckta yngel, och "Red skin disease" har tillkommit i flera älvar runt Östersjön sedan 2014 och lett till ökad dödlighet och minskad rekrytering. Klimatförändringar kan påverka laxen till exempel genom ökande vattentemperaturer och ökad risk för extrema flöden, som torka eller översvämning (Bartolino m.fl. 2023).

## 8. Kunskapsbehov

**Det saknas heltäckande rumslig information om laxens vandringsmönster i svenska havsområden. Framför allt saknas information från områden där det inte bedrivs fiske.**

Den mest systematiska information som finns idag baseras på stickprov från det kustnära yrkesfisket och de främsta kunskapsluckorna finns för utsjön. För att förbättra kunskapsläget om hur lax kan påverkas av havsbaserad vindkraft behövs i första hand studier av hur individuella fiskar reagerar på vindkraftverk tillsammans med analyser av om detta kan orsaka påverkan på populationsnivå. Studier kan också behövas för att klarlägga om och hur laxens vandringsmönster påverkas av artificiella elektromagnetiska fält. När man bedömer effekter på lax så är det viktigt att genomföra studier av sammanlagd påverkan, så att påverkan från olika mänskliga källor inkluderas tillsammans med studier av påverkan från byggnation eller drift av vindkraftverk. Det är viktigt att införa långtidsstudier på ett flertal fiskarter i områden där vindparker införs, för att empiriskt studera vilka effekter som uppstår och kunna relatera observerade mönster till möjliga förändringar i ekologiska samspel.

## 9. Referenser

- Albert, L., Deschamps, F., Jolivet, A., Olivier, F., Chauvaud, L., & Chauvaud, S. (2020). A current synthesis on the effects of electric and magnetic fields emitted by submarine power cables on invertebrates. *Marine environmental research*, 159, 104958.
- Alexias, A., Kiouvrekis, Y., Tyrakis, C., Alkhorayef, M., Sulieman, A., Tsougos, I., Theodorou, K., & Kappas, C. (2020). Extremely low frequency electromagnetic field exposure measurement in the vicinity of wind turbines. *Radiation Protection Dosimetry*, 189(3), 395-400.
- Bartolino, V., Koehler, B., & Bergström, L. (2023). Climate effects on fish in Sweden: Species-Climate Information Sheets for 32 key taxa in marine and coastal waters.
- Bergström, L., C Öhman, M., Berkström, C., Isæus, M., Kautsky, L., Koehler, B., Nyström Sandman, A., Ohlsson, H., Ottvall, R., & Schack, H. (2022). Effekter av havsbaserad vindkraft på marint liv: En syntesrapport om kunskapsläget 2021. In: Naturvårdsverket.
- Bevelhimer, M. S., Cada, G. F., Fortner, A. M., Schweizer, P. E., & Riemer, K. (2013). Behavioral responses of representative freshwater fish species to electromagnetic fields. *Transactions of the American Fisheries Society*, 142(3), 802-813.
- Bochert, R., & Zettler, M. L. (2006). Effect of electromagnetic fields on marine organisms. In *Offshore wind energy: research on environmental impacts* (pp. 223-234). Springer.
- Bracis, C., & Anderson, J. J. (2012). An investigation of the geomagnetic imprinting hypothesis for salmon. *Fisheries Oceanography*, 21(2-3), 170–181.
- Copping, A. E., Hemery, L. G., Viehman, H., Seitz, A. C., Staines, G. J., & Hasselman, D. J. (2021). Are fish in danger? A review of environmental effects of marine renewable energy on fishes. *Biological Conservation*, 262, 109297.
- Dannewitz, J., Ahlbeck Bergendahl, I., Ek, C., Kagervall, A., Magnusson, K., Palm, S., & Whitlock, R. (2023). Kunskapsunderlag för hållbar förvaltning av svenska laxbestånd. *Institutionen för akvatiska resurser, Sötvattenslaboratoriet*, 48 s.
- Dittman, A. H., Quinn, T. P., & Nevitt, G. A. (1996). Timing of imprinting to natural and artificial odors by coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(2), 434–442.
- Farr, H., Ruttenberg, B., Walter, R. K., Wang, Y.-H., & White, C. (2021). Potential environmental effects of deepwater floating offshore wind energy facilities. *Ocean & Coastal Management*, 207, 105611.

- Fey, D., Greszkiewicz, M., Otremba, Z., & Andrulewicz, E. (2019). Effect of static magnetic field on the hatching success, growth, mortality, and yolk-sac absorption of larval Northern pike *Esox lucius*. *Science of the total environment*, *647*, 1239–1244.
- Gill, A., Bartlett, M., & Thomsen, F. (2012). Potential interactions between diadromous fishes of UK conservation importance and the electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments. *Journal of fish biology*, *81*(2), 664–695.
- Gill, A. B. (2005). Offshore renewable energy: ecological implications of generating electricity in the coastal zone. *Journal of applied ecology*, 605–615.
- Gill, A. B., & Bartlett, M. D. (2010). Literature review on the potential effects of electromagnetic fields and subsea noise from marine renewable energy developments on Atlantic salmon, sea trout and European eel. Scottish Natural Heritage Commissioned Report.
- 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.
- Gillson, J. P., Bašić, T., Davison, P. I., Riley, W. D., Talks, L., Walker, A. M., & Russell, I. C. (2022). A review of marine stressors impacting Atlantic salmon *Salmo salar*, with an assessment of the major threats to English stocks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *32*(3), 879–919.
- Ices (2024) Baltic Salmon and Trout Assessment Working Group (WGBAST). *ICES Scientific Reports*. 6:42. 425 pp. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.25868665>
- Ikonen, E. (2006). The role of the feeding migration and diet of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) in yolk-sack-fry mortality (M74) in the Baltic Sea. PhD-thesis. Department of Biological and Environmental Sciences, Faculty of Biosciences, University of Helsinki Finland.
- Lohmann, K. J., Goforth, K. M., Mackiewicz, A. G., Lim, D. S., & Lohmann, C. M. (2022). Magnetic maps in animal navigation. *Journal of Comparative Physiology A*, 1–27.
- Naisbett-Jones, L. C., & Lohmann, K. J. (2022). Magnetoreception and magnetic navigation in fishes: a half century of discovery. *Journal of Comparative Physiology A*, *208*(1), 19–40.
- Putman, N. (2018). Marine migrations. *Current Biology*, *28*(17), R972–R976.
- Sherwood, J., Chidgey, S., Crockett, P., Gwyther, D., Ho, P., Stewart, S., Strong, D., Whitely, B., & Williams, A. (2016). Installation and operational effects of a HVDC submarine cable in a continental shelf setting: Bass Strait, Australia. *Journal of Ocean Engineering and Science*, *1*(4), 337–353.
- Whitlock, R., Mäntyniemi, S., Palm, S., Koljonen, M. L., Dannewitz, J., & Östergren, J. (2018). Integrating genetic analysis of mixed populations with a spatially explicit population dynamics model. *Methods in Ecology and Evolution*, *9*(4), 1017–1035.
- Wyman, M. T., Peter Klimley, A., Battleson, R. D., Agosta, T. V., Chapman, E. D., Haverkamp, P. J., Pagel, M. D., & Kavet, R. (2018). Behavioral responses by migrating juvenile salmonids to a subsea high-voltage DC power cable. *Marine Biology*, *165*, 1–15.

- Öhman, M. C. (2023). *Effekter av havsbaserad vindkraft på fisk*. Naturvårdsverket.
- Öhman, M. C., Sigray, P., & Westerberg, H. (2007). Offshore windmills and the effects of electromagnetic fields on fish. *AMBIO: A journal of the Human Environment*, 36(8), 630–633.