

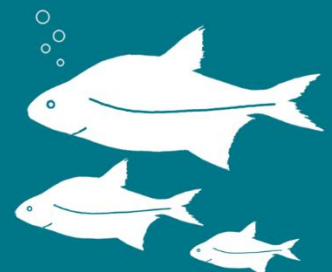
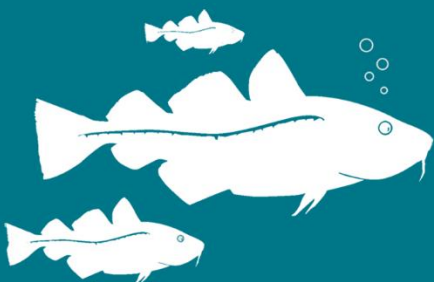


Aqua notes 2025:2

Sälars roller i ekosystem och påverkan på fisk

Karl Lundström, Diana Hammar Perry, Peter Thor, Maria Ovegård, Malin Karlsson,
Monica Mion

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för akvatiska resurser



Sälars roller i ekosystem och påverkan på fisk

The role of seals in the ecosystem and effects on fish

Karl Lundström, <https://orcid.org/0000-0002-3758-0665>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Diana Hammar Perry, <https://orcid.org/0000-0002-4329-9052>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Peter Thor, <https://orcid.org/0000-0002-2603-2284>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Maria Ovegård, <https://orcid.org/0000-0002-2828-0572>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Malin Karlsson, <https://orcid.org/0009-0008-1700-467X>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Monica Mion, <https://orcid.org/0000-0001-7844-6086>, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser,

Rapportens innehåll har granskats av:

Michele Casini, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser
Johan Lövgren, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för akvatiska resurser

Finansiär: Havs- och vattenmyndigheten, Dnr HaV 2024-002435 (SLU-ID: SLU.aqua. 2024-374-1)

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.

Rekommenderad citering: Lundström, K., Hammar Perry, D., Thor, P., Ovegård, M., Karlsson, M., Mion., M. (2025). Sälars roller i ekosystem och påverkan på fisk. Aqua notes 2025:2. Lysekil: Institutionen för akvatiska resurser. <https://doi.org/10.54612/a.5udj66v2pk>

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: Lysekil

Illustration framsida: torsk (t.v.): Fredrik Saarkoppel; braxen (t.h.): SLU

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Serietitel: Aqua notes

Delnummer i serien: 2025:2

ISBN (elektronisk version): 978-91-8046-585-4

DOI: <https://doi.org/10.54612/a.5udj66v2pk>

Nyckelord: Säl, toppredatorer, ekosystem, fiskpopulationer, predation

© 2025 (Karl Lundström, Diana Hammar Perry, Peter Thor, Maria Ovegård, Malin Karlsson, Monica Mion)
Detta verk är licenserat under CC BY 4.0, andra licenser eller upphovsrätt kan gälla för illustrationer.

Sammanfattning

De olika sälarter som lever i svenska vatten: knobbsäl, gråsäl och vikaresäl, skiljer sig åt såväl i geografisk utbredning, populationsstorlek och -utveckling som i biologi och ekologi (bl.a. födoval). Samtidigt är skillnaderna i sammansättningen av arter och storlekar av fisk stora mellan olika områden och kan dessutom variera avsevärt mellan årtider och år. Både fiskar och säl är dessutom mobila organismer som förflyttar sig mellan olika habitat och ekosystem. Sälpopulationernas ekologiska roller och effekter på olika fiskpopulationer i de ekosystem där de förekommer varierar därför och skiljer sig åt mellan fiskpopulationer, geografiska områden och tidsperioder (från årtider till år). Även andra faktorer som påverkar fiskpopulationer kan variera stort mellan olika områden och tidsperioder. Ofta råder dock stor kunskapsbrist om betydelsen av annan påverkan på fiskpopulationerna, såväl naturlig (t.ex. predation från andra arter än säl, födotillgång och -kvalitet samt konkurrens inom och mellan fiskarter) som mänsklig (t.ex. fiske, klimatförändringar, undervattensbuller och habitatförluster).

Marina ekosystem är dynamiska och komplexa och det finns många kopplingar och interaktioner mellan och inom arter. Effekter av sälpredation på fiskpopulationer och ekosystem kan vara direkta eller indirekta, till exempel genom att olika fiskpopulationer i sin tur påverkar varandra genom konkurrens eller predation. Olika fiskpopulationer kan därför påverkas av sälpredation på olika sätt och i olika omfattning, såväl positivt som negativt. Det räcker därför inte att veta vad säl äter och hur mycket för att ta reda på hur olika fiskpopulationer påverkas av sälpredation. Information behövs även om fiskpopulationernas storleks-/ålderssammansättning samt hur olika fiskpopulationer påverkar varandra. Även kunskap om sälarnas funktionella respons (hur sälpredationen förändras i takt med att bytestätheten förändras) och storleksstrukturerande effekter på fiskpopulationer kan ha betydelse för den ekologiska dynamiken och påverka de resultat som tas fram.

Kunskapsläget om sälars påverkan på fiskpopulationer i svenska vatten är mycket begränsat. Tidigare studier från Östersjön har visat att effekterna av säl var obetydliga i jämförelse med påverkan från fiske och miljöfaktorer. Dessa studier är dock föråldrade och representerar inte nutida förhållanden i ekosystemet och är därför i behov av att uppdateras. Kvantifiering av sälars uttag av fisk i olika områden i Östersjön indikerar sälpopulationernas potential att äta stora mängder fisk men är baserade på osäkra extrapoleringar. Kroppskondition och populationstillväxt hos säl i Östersjön har visat sig påverkas negativt av försämringar i kvaliteten på deras föda. Från Östersjön finns även indikationer på att predation på populationer av rovfisk (abborre och gädda) från marina toppredatorer (gråsäl och/eller storskarv) kan bidra till ökad förekomst av storspigg som i sin tur kan påverka lokala ekosystem. Från Västerhavet finns ytterst få studier och kunskapsläget är därför ännu mera eftersatt. Riktade studier av effekter av sälpredation på fiskpopulationer längs Sveriges kust, och vice versa hur förändringar i fisksamhällen påverkar sälpopulationer, rekommenderas för att ta fram relevant kunskap om interaktioner och dynamik mellan säl och fisk i olika havsområden. I takt med att ny kunskap tas fram om sälars födoval och förekomst i olika områden kan och bör deras effekter på fiskpopulationer analyseras på nytt, och sättas i relation till andra faktorer av betydelse för fiskpopulationerna.

Resultat från studier i Nordatlanten skiljer sig åt när det gäller sälars effekter på fisk. Många av de studier som gjorts är olika typer av modelleringar vars resultat kan skilja sig åt stort beroende på vilka modelleringsverktyg som används och vilka antaganden som görs. Resultat finns som indikerar att predation från säl på *svaga* fiskpopulationer kan försvåra för fiskpopulationerna att

återhämta sig (allegeffekt), men även att andra faktorer än sälpredation är av störst betydelse för fiskpopulationerna.

Denna rapport presenterar kunskap om sälars ekologiska roller, vilka olika faktorer som kan påverka fiskpopulationer samt interaktioner i marina ekosystem och betydelsen av toppredatorer. I form av en litteratursammanställning beskrivs hur kunskapsläget utvecklats över tid i olika geografiska områden. Sammanställningen belyser den ekologiska komplexiteten och såväl utmaningar för forskning och förvaltning om risker med att dra förhastade slutsatser om effekter av sälpredation på fiskpopulationer och ekosystem.

Summary

The different seal species that live in Swedish waters: harbour seals, grey seals and ringed seals, differ in geographical distribution, population size and development, as well as in biology and ecology (e.g. food choices). At the same time, the differences in the composition of species and sizes of fish are large between different areas and habitats and can also vary considerably between seasons and years. In addition, both fish and seals are mobile organisms that move between different habitats and ecosystems. The ecological roles of seal populations and their impacts on different fish populations in the ecosystems in which they occur therefore vary and differ between fish populations, geographical areas and time periods (from seasons to years). Other factors that affect fish populations can also vary greatly between different areas and time periods. However, there is often a great lack of knowledge about the significance of other impacts on fish populations, both natural (e.g. predation from species other than seals, food availability and quality, and competition within and between fish species) and human (e.g. fishing, climate change, under water noise and habitat loss).

Marine ecosystems are dynamic and complex, and there are many connections and interactions between and within species. Effects of seal predation on fish populations and ecosystems can be direct or indirect, for example different fish populations influencing each other through competition or predation. Different fish populations can therefore be affected by seal predation in different ways and to different extents, both positively and negatively. It is therefore not enough to know what seals eat and how much to find out how different fish populations are affected by seal predation. Information is also needed on the size/age composition of fish populations and how different fish populations affect each other. Knowledge about the seals' functional response (how seal predation changes as prey density changes) and size-structuring effects on fish populations can also be important for the ecological dynamics and affect the results that are produced.

The state of knowledge about the impact of seals on fish populations in Swedish waters is very limited. Previous studies from the Baltic Sea have shown that the effects of seals were insignificant in comparison to the impact of fishing and environmental factors. However, these studies are outdated and do not represent current conditions in the ecosystem and are therefore in need of updating. Quantification of seal consumption of fish in different areas of the Baltic Sea indicates the potential of seal populations to eat large amounts of fish but is based on uncertain extrapolations. Body condition and population growth of seals in the Baltic Sea have been shown to be negatively affected by deterioration in the quality of their food. From the Baltic Sea, there are also indications that predation on populations of predatory fish (perch and pike) from marine top predators (grey seals and/or cormorants) can contribute to increased occurrence of sticklebacks, which in turn can affect local ecosystems. There are very few studies from the Swedish west coast, and the state

of knowledge is therefore even more neglected. Targeted studies of the effects of seal predation on fish populations along the Swedish coast, and vice versa how changes in fish communities affect seal populations, are recommended to produce relevant knowledge about interactions and dynamics between seals and fish in different sea areas. As new knowledge is developed about seal food choices and occurrence in different areas, their effects on fish populations can and should be re-analyzed, and put in relation to other factors of importance for fish populations.

Results from studies in the North Atlantic differ when it comes to the effects of seals on fish. Many of the studies that have been done are different types of modelling assessments whose results can differ greatly depending on which modelling tools are used and what assumptions are made. Results indicate that predation from seals on weak fish populations can make it difficult for fish populations to recover (allee effect), but also that factors other than seal predation are of greatest importance for fish populations.

This report presents knowledge about the ecological roles of seals, the different factors that can affect fish populations as well as interactions in marine ecosystems and the importance of top predators. In the form of a literature compilation, it is described how the state of knowledge has developed over time in different geographical areas. The compilation highlights the ecological complexity and challenges for research and management about the risks of drawing hasty conclusions about the effects of seal predation on fish populations and ecosystems.

Innehållsförteckning

Introduktion	8
Bakgrund	8
Syfte	9
Interaktioner och komplexitet i marina födovävar och ekosystem.....	11
Marina ekosystem – struktur och funktion	11
Betydelsen av toppredatorer i ekosystem	13
Vad påverkar fiskpopulationer.....	15
Sälars ekologiska roller.....	19
Omfördelning och transport av energi och näringsämnen	19
Betydelse som byten och/eller föda åt andra arter	19
Betydelse som värdar för parasiter	20
Spridning av sjukdomar.....	20
Indikatorarter	21
Sälars roller i ekosystemförändringar.....	23
Sälars roller som predatorer.....	23
Påverkan på andra arters beteende, livshistoria och fysiologi	26
Inkludering av sälpredation i beståndsanalyser.....	26
Sälars påverkan på fisk i olika havsområden	28
Östersjön	29
Västerhavet	37
Atlanten	39
Nordöstra Atlanten och Nordsjön.....	39
Nordvästra Atlanten	49
Möjlighet till metaanalys av sälars påverkan på fisk	83
Slutsatser	85
Kunskapsbehov	87
Referenser.....	89

Introduktion

Följande text utgör en av två delrapporter i SLU:s redovisning av *sälars roller i ekosystem och påverkan på fisk samt födoval i relation till födotillgång*. Texten är en sammanställning av kunskap om olika sälarters roller i ekosystem och påverkan på fisk medan födoval hos gråsäl, knobbsäl och vikaresäl i relation till födotillgång, i form av provfiskedata, i olika havsområden utgör den andra delrapporten (Mion m.fl. 2025). Arbetet har gjorts på uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten (HaV) och ingår i HaV:s regeringsuppdrag *Sälpopulationernas tillväxt och utbredning samt effekterna av sälskador i fisket och sälarnas roll i ekosystemet*.

Bakgrund

På grund av mänskliga aktiviteter som fiske, utsläpp av miljöfarliga ämnen, försämringar av vattenkvalitet, habitatförstöring och klimatförändringar har många av världens marina ekosystem rubbats och många arter hotas av utrotning (Roberts & Hawkins 1999; Jackson m.fl. 2001; Hutchings & Reynolds 2004). Många (tidigare) kommersiellt och ekologiskt viktiga fiskbestånd befinner sig på mycket låga nivåer delvis på grund av ett allt för omfattande fiske under längre tid (Pauly m.fl. 1998; Svedäng & Bardon 2003; Svedäng m.fl. 2004; Hilborn m.fl. 2021; Birgersson m.fl. 2022). Samtidigt som fiskbeståndens status försämrats har många sälpopulationer återhämtat sig vilket har lett till ökade konflikter mellan sälar och fiskenäringen (Svels m.fl. 2019; Suuronen m.fl. 2023; Jackman m.fl. 2024).

Sälar påverkar fisket direkt genom att de tar fiskar från fiskeredskap eller förstör redskapen (Wickens 1995; Jackson m.fl. 2024). Närvaro av sälar vid redskap kan även påverka fiskarnas beteende och skrämma bort fiskar från fiskeplatserna (Königson m.fl. 2007; Glemarec m.fl. 2024). Det finns även en oro för att sälarna påverkar fiskbestånd negativt och kan konkurrera med fisket. Sälar kan å andra sidan påverkas negativt av fisket genom att de drunknar i fiskeredskap (Lundström m.fl. 2010b; Vanhatalo m.fl. 2014; Chavez-Rosales m.fl. 2018; Luck m.fl. 2022; Precoda & Orphanides 2022) eller genom att fisket konkurrerar med sälarna om fisken i havet (Furness 2002; Engelhard m.fl. 2014;

Hansson m.fl. 2017; Costalago m.fl. 2019). Försämrad status hos många fiskbestånd i kombination med ökande populationer av säl har även lett till ett ökat intresse från samhället och politiken om hur säl, fisk och fiske lämpligast kan förvaltas. Regeringen gör bedömningen att det behövs en ekosystembaserad helhetssyn på förvaltningen av havet. Regeringen gör även bedömningen att förvaltningsåtgärder som bidrar till förbättrad miljöstatus, återhämtning av svaga fiskpopulationer och ger förutsättningar för en god födobas för bland annat sälpopulationer bör vidtas, samt att hänsyn bör tas till olika faktorerers påverkan på näringsväven^{1 2}.

I Sverige genomförs förvaltningsåtgärder, i form av skydds jakt och licensjakt, riktade mot sälpopulationer med en förhoppning om att åtgärderna, förutom att minska skador på fångst och redskap, även kan bidra positivt till olika fiskpopulationers utveckling. Detta trots stora kunskapsluckor om på vilka sätt och i vilken omfattning olika sälpopulationer påverkar olika fiskpopulationer. Även om säljakt, i kombination med fiskvårdande åtgärder, föreslås som en åtgärd med positiva effekter på fiskpopulationer (Havs- och vattenmyndigheten 2021) är det i allmänhet ovisst om en minskning av antalet sälar faktiskt leder till positiva följder för den aktuella fiskpopulationen. I fall när en reglering av en sälpopulation ändå utförs, som en försiktighetsåtgärd från ett fisk-/fiskeperspektiv, med syfte att minska predationen och främja utvecklingen av en viss fiskpopulation, bör åtgärderna utformas så att effekterna kan utvärderas vetenskapligt och bidra konkret med information om sälpredationens påverkan på fiskpopulationer och ekosystem. I den mån det är möjligt bör således förvaltningsåtgärder vara adaptiva och utformas så att de blir kunskapshöjande (Holling 1978; Walters 1986; Jackson m.fl. 2001; Yodzis 2001; Worm m.fl. 2002; Frank m.fl. 2005; Österblom m.fl. 2007; Heithaus m.fl. 2008; Li m.fl. 2010; Baudron m.fl. 2019; Kerr m.fl. 2022)

Syfte

Rapporten sammanställer litteratur och ger en översikt av kunskapsläget kring sälars roller i marina ekosystem samt sälars påverkan på fisk. Syftet är att ge en bild av befintliga undersökningar och deras resultat, samt att erbjuda möjligheter till mer ingående granskningar och identifiering av kunskapsbehov. Ytterligare ett syfte är att vidga perspektiven och ge en bild av dynamiken och komplexiteten i marina ekosystem samt att visa på att det finns andra ytterligare faktorer än sälpredation som kan påverka fiskpopulationer och ekosystem. Litteratursammanställningen är inriktad på studier som undersökt hur sälar påverkar fiskpopulationer, och i viss

¹ Regeringens proposition 2023/24:156

² Miljö- och jordbruksutskottets betänkande 2024/25: MJU5

mån hur sälar påverkas av förändringar i fiskpopulationer, med fokus på de havsområden som omger Sveriges kust och Nordatlanten. Sammanställningen tar bara upp publicerade studier, men förhoppningen är att den kan uppdateras och vidareutvecklas i takt med att nya resultat publiceras. Även om sammanställningen är omfattande kan studier ha förbisetts som en följd av de begränsade resurserna i uppdraget att ta fram denna översikt.

Interaktioner och komplexitet i marina födovävar och ekosystem

Marina ekosystem – struktur och funktion

Haven runt Sverige har påverkats av mänskliga aktiviteter under lång tid, som övergödning, tillförsel av miljögifter, jakt, fiske och habitatförstöring. De olika havsområdena varierar stort vad gäller miljö och ekologi. Skagerrak och Kattegatt utgör en övergångszon mellan oceaniskt påverkade Nordsjön och mer bräckta Östersjön. Dessa vatten är starkt skiktade med utströmmande bräckt vatten från Östersjön ovanpå ett oceaniskt lager med hög salthalt (Gustafsson & Stigebrandt 1996). Den biologiska mångfalden är stor i dessa områden och de innehåller en mångfald av djur och växter anpassade till en marin miljö (Obst m.fl. 2018). Födoväven är komplex och förändringar i delar av miljön eller i specifika populationer, oavsett trofisk nivå, kan ha ofta oförutsebara konsekvenser i andra delar av födoväven. Östersjön är ett bräckt, grunt havsområde med estuarin cirkulation. Den stora tillförseln av sötvatten från vattendrag som rinner ut i Östersjön, tillsammans med ett begränsat vattenutbyte, resulterar i ett permanent språngskikt på 60–80 m djup som begränsar vertikalt utbyte av syre. Tillförseln av salt, syrerikt vatten sker främst genom inflöden av vattenmassor från Skagerrak-Kattegatt som lägger sig i de djupare lagren under språngskiktet (Matthäus m.fl. 2008). På grund av sin relativt unga ålder och bräckta karaktär har Östersjön lägre biologisk mångfald än många andra havsområden och många av arterna lever i gränzonen till deras evolutionära anpassningsområde (Bonsdorff 2006). Östersjöns ekosystem är unikt, och dess arter har därför relativt låg motståndskraft mot miljöförändringar.

Basen av födoväven utgörs primärt av bakterieplankton och växtplankton som utgör grunden för energiflödet genom födoväven. Förekomst och artsammansättning av plankton påverkas av olika faktorer, inklusive näringstillgång och klimatförhållanden, och variationer i dessa faktorer kan leda till betydande förändringar i ekosystemdynamiken (Reid m.fl. 2003; Beaugrand m.fl. 2008). Nästa trofiska nivå i födoväven består av primärkonsumenter, främst djurplankton,

som livnär sig på växtplankton. Periodiska förändringar i djurplanktonförekomsten har kopplats till förändringar i havsinflödet, vilket påverkar hela näringsväven (Reid m.fl. 2003). Djurplankton utgör en viktig födokälla för många fiskarter, framför allt för de tidiga livsstadierna. Sekundära konsumenter, som inkluderar olika planktonätande fiskarter som sill och skarpsill överför energi från djurplankton till högre trofiska nivåer, inklusive större rovfiskar, sälar och sjöfåglar. Interaktionerna mellan dessa sekundära konsumenter kan påverkas både från lägre och högre trofiska nivåer (Lynam m.fl. 2017; Capuzzo m.fl. 2018). Förändringar i fiskpopulationer, till exempel på grund av intensivt fiske, har visat sig kunna störa dessa interaktioner, vilket kan leda till förenklade näringsvävar och minskad kapacitet att stå emot förändringar (ekologisk resiliens) i ekosystemet (Frederiksen m.fl. 2007).

De trofiska interaktionerna kompliceras ytterligare av skillnader mellan individer inom fiskpopulationerna. Till exempel har det visat sig att torsk i Västerhavet (Knutsen m.fl. 2018; Henriksson m.fl. 2022) samt sill och skarpsill längs norska Skagerrakkusten har lokala ekotyper som skiljer sig åt genetiskt (Berg m.fl. 2022). Denna genetiska isolering kan påverka beståndens motståndskraft mot miljöförändringar och fiske. Dessutom har närvaron av invasiva arter skapat nya ekologiska dynamiska sammanhang som kan konkurrera ut inhemska arter, vilket ytterligare komplicerar de trofiska interaktionerna inom ekosystemet (Thor m.fl. 2023; Wallin Kihlberg m.fl. 2023).

Habitatbildande arter såsom långskottsväxter och musslor har en avgörande roll för att upprätthålla den ekologiska balansen. Ängar av ålgräs och andra långskottsväxter utgör viktiga livsmiljöer för olika marina organismer, inklusive fiskar och ryggradslösa djur. Den minskade utbredningen av ålgräs på grund av övergödning och överfiske har visat sig störa dessa livsmiljöer, vilket leder till minskad fiskproduktion och förändrad näringsomsättning (Kristensen m.fl. 2021).

Haven påverkas avsevärt av klimatvariationer och övergödning och dessa har visat sig förändra både samhällsstrukturer och biologisk mångfald. Klimatförändringarna utgör ett tydligt hot mot havets ekosystem där både stigande temperaturer och sjunkande pH-nivåer kan ha direkta effekter på marina organismer, särskilt på lägre trofiska nivåer (Havenhand m.fl. 2019). Dessa förändringar kan påverka näringsväven där till exempel förändringar i djurplanktons antal och artsammansättning på grund av förändrade miljöförhållanden kan leda till minskad tillgång på föda, eller föda av sämre kvalitet, för högre trofiska nivåer, inklusive kommersiellt viktiga fiskarter (Hosia m.fl. 2014). Förändringar kan också minska motståndskraften i havens födoväv generellt och orsaka strukturella förändringar som regimskiften som drastiskt kan förändra ekosystemets struktur och funktion. Till exempel kan

algbloomningar, som *Prymnesium polylepis*-bloomningen 1988, ha djupgående effekter på den lokala biologiska mångfalden, vilket påverkar både primärproducenter och högre trofiska nivåer (Norderhaug m.fl. 2015). Sådana förändringar kan initiera trofiska kaskader, där nedgången i förekomst av en art leder till kraftigt ökande förekomst av andra, och på så sätt störs ekosystemets balans.

Samspelet mellan avrinningen från land och kustnära marina system är också betydelsefullt för att forma marina ekosystem. I det sammanhanget kan ökad avrinning bidra till förändringar i vattenkvaliteten, inklusive förhöjda näringsämnesnivåer som kan förvärra övergödningen. Denna näringsberikning kan leda till skadliga algbloomningar, som inte bara påverkar primärproducenter utan också har kaskadeffekter på hela näringsväven, vilket påverkar fiskpopulationer och bentiska samhällen (Frigstad m.fl. 2020).

Betydelsen av toppredatorer i ekosystem

Toppredatorer som stora fiskar, sälar och sjöfåglar kan upprätthålla den biologiska mångfalden och är viktiga för stabilitet och funktioner i marina ekosystem (Bowen 1997; Rooney m.fl. 2006; O’Gorman m.fl. 2008; Rosenblatt m.fl. 2013; Estes m.fl. 2016). Förändringar i populationer av toppredatorer kan leda till betydande ekologiska förändringar, med trofiska kaskader som resultat som stör balansen i naturliga marina ekosystem (Paine 1980; Pace m.fl. 1999; Worm m.fl. 2002; Nick & Russell 2003; Worm & Duffy 2003; Frank m.fl. 2005; Baskett 2006; Daskalov m.fl. 2007; Clemente m.fl. 2008; Heithaus m.fl. 2008; Eriksson m.fl. 2011; Heath m.fl. 2013; Ripple m.fl. 2014; Östman m.fl. 2016; Foster m.fl. 2021; Li m.fl. 2023; Eriksson m.fl. 2024; Hughes m.fl. 2024). Studier har till exempel visat att toppredatorer som hajar och andra stora fiskar kan kontrollera näringsväven uppifrån och ned (*top-down* kontroll) och därigenom upprätthålla mångfalden av arter på lägre trofiska nivåer. Denna kontroll har till exempel visat sig kunna reglera förekomsten av växtätare i olika ekosystem och därigenom förhindra överbetning på primärproducenter som sjögräs och koraller (Baskett 2006; Baum & Worm 2009; Casey m.fl. 2016). Genom att koppla samman energiflöden i födoväven kan marina toppredatorer främja den biologiska mångfalden och stabilisera ekosystemet. På så sätt kan toppredatorerna öka produktiviteten och tåligheten mot störningar, en egenskap som blir allt viktigare i och med pågående klimatförändringar (O’Gorman m.fl. 2008; Blanchet m.fl. 2019; Cooley m.fl. 2022).

Kaskadeffekter förekommer också i svenska vatten och studier har visat på kopplingar mellan toppredatorer och förändringar i näringsväven, från fiske, säl,

skarv och rovfisk via mesopredatorer (fiskar som äter ryggradslösa djur) till växtätande ryggradslösa djur och påväxt av fintrådiga alger och habitatförändringar (Casini m.fl. 2008; Moksnes m.fl. 2008; Casini m.fl. 2009; Eriksson m.fl. 2009; Ljunggren m.fl. 2010; Sieben m.fl. 2011; Baden m.fl. 2012; Donadi m.fl. 2017; Eklöf m.fl. 2020; Olin m.fl. 2022; Olin m.fl. 2024).

I Skagerrak har nedgången av toppredatorer, bland annat olika arter av torskfisk, kopplats till betydande förändringar i den trofiska strukturen, vilket leder till ökade populationer av mesopredatorer och efterföljande förändringar i bytesdynamik (Baden m.fl. 2012; Synnes m.fl. 2023).

En omfattande studie av kustnära miljöer i Östersjön visade liknande trofiska kaskader, men att effekterna kan skilja sig åt på olika geografiska skalor (Donadi m.fl. 2017). Nedgången av toppredatorer, i form av rovfiskarterna abborre och gädda, i Östersjön har kopplats till betydande ekologiska förändringar (Eriksson m.fl. 2009; Sieben m.fl. 2011; Eklöf m.fl. 2020). En studie från Östersjön indikerar att förekomst av toppredatorerna gråsäl och storskarv snarare har en destabiliserande inverkan på ekosystemet genom att de kan påverka abborre och gädda negativt (Olin m.fl. 2024). Överfiske och försämring av livsmiljöer har även lett till en minskning av torsk i Östersjön, vilket resulterar i trofiska kaskader som stör ekosystemets balans (Casini m.fl. 2008; Heath m.fl. 2013). Effekterna av predation sträcker sig dessutom längre än den direkta inverkan av predationen i sig; de kan även påverka beteendet, livshistoria och fördelning av predatorernas bytesdjur (se avsnittet *Påverkan på andra arters beteende, livshistoria och fysiologi*).

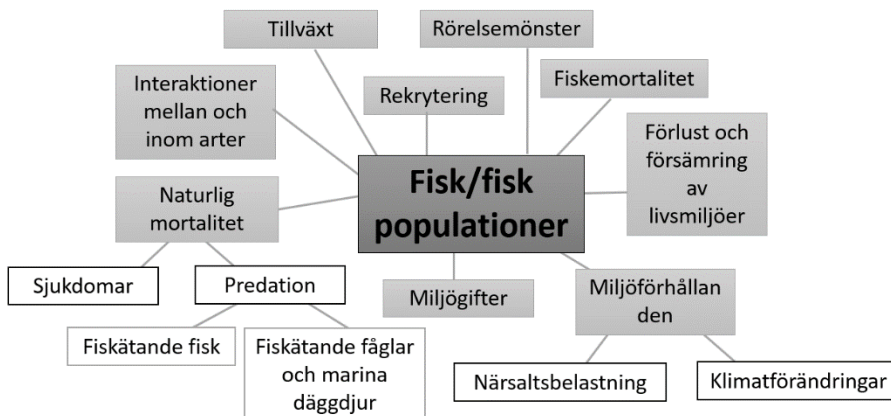
Återhämtning av populationer av toppredatorer efter kraftiga ekosystemförändringar har kunnat kopplas till återetablering av många olika ekologiska processer och beteenden inom marina ekosystem. Till exempel har studier visat att marina reservat, som möjliggör återhämtning av de viktigaste predatorpopulationerna, också återställer födosöksbeteenden hos bytesarter, och därmed förbättrar ekosystemets allmänna status (Madin m.fl. 2012). Dessa studier visade att växtätande bytesfiskar spenderade mer tid i skydd i områden där förekomsten av toppredatorer hade återhämtat sig till tidigare nivåer.

På grund av att marina toppredatorer befinner sig högst upp i näringsväven och eftersom deras livsmiljöområden är omfattande har toppredatorerna också betydelse som indikatorer på ekosystems förändringar och hälsa (se senare stycke).

Vad påverkar fiskpopulationer

Vad som påverkar fiskpopulationer kan vara artberoende, variera i tid och rum och är mer komplext än vad som kan beskrivas i detalj i denna rapport. Det finns en betydande mängd studier i ämnet också från svenska vatten (Wennhage m.fl. 2021; Bryhn m.fl. 2022; Bolund m.fl. 2024) och följande avsnitt belyser några av de potentiella faktorer som påverkar fiskpopulationer och ger en inblick i den stora komplexiteten i ekosystemen.

Fiskar lever i en dynamisk och komplex miljö och är själva rörliga organismer, vilket gör att den potentiella påverkan på både individer och populationer är extremt mångfacetterat. Såväl naturliga processer som mänskliga störningar formar fiskpopulationerna (fig. 1). Exakt vad som påverkar fiskar varierar i tid och rum, och olika livsstadier kan påverkas mer eller mindre av samma yttre faktorer beroende på utvecklingsfas. Till exempel tenderar många fiskarter i tidiga livsstadier, när de är ägg eller larver, att vara mer känsliga för miljövariabler som salthalt och temperatur (Nissling & Westin 1997; Nissling 2004), medan unga individer kan vara mer robusta mot förändringar i miljön, och vuxna av vissa arter extremt känsliga för kraftiga temperaturökningar (Tirsgaard m.fl. 2015). Dessutom påverkas olika livsstadier på olika sätt av födotillgång och predation, där vissa populationer av större rovdjur har mycket få naturliga predatorer som vuxna, medan kannibalism kan vara den främsta källan till dödlighet för mindre, yngre livsstadier (Pereira m.fl. 2017).



Figur 1. Förenklad illustration av faktorer som påverkar fisk och fiskpopulationer. Figuren är modifierad efter illustrationer i (Cowx 2002; Hamilton m.fl. 2016; Fogarty & Siskey 2019).

Arter påverkas både av *bottom-up*-processer som tillgång till föda, och *top-down*, såsom predation och fiske. Vilken trofisk nivå en art befinner sig på har också betydelse för direkta och indirekta effekter. Till exempel kan bioackumuleringen av föroreningar uppvisa de största negativa effekterna hos toppredatorer

(Szlinder-Richert m.fl. 2008; Ordiano-Flores m.fl. 2011), medan mer stationära arter kan påverkas kraftigt av lokal habitatförstörelse (Sköld m.fl. 2022).

Förändringar i miljön påverkar födovävens dynamik och har olika effekt beroende på fisk storlek, livsstadium och art. Fiskar påverkas av de kemiska, fysikaliska och biologiska förhållandena runt omkring dem och förändringar i dessa förhållanden kan orsaka en mängd olika effekter. Nuvarande och förutspådda framtida förändringar till följd av *globala klimatförändringar* är därför av avgörande betydelse och orsakar omfattande effekter på marina organismer och fiskpopulationer (Pörtner m.fl. 2001; Lindegren & Eero 2013; Kortsch m.fl. 2015; Hamilton m.fl. 2022; Kjesbu m.fl. 2023). Minskning av inflödena från Kattegatt och *övergödningen* i Östersjön har lett till omfattande syrebrist och stora områden där syrekrävande organismer inte överlever (Diaz & Rosenberg 2008). Problemet finns även i Västerhavet (Rosenberg 1985) vilket får negativa konsekvenser för alla organismer beroende av syre (Karlson m.fl. 2002; Herbert & Steffensen 2005; Limburg & Casini 2018).

Utsläpp av föroreningar, t.ex. i olja och skrubbevatten från sjöfarten, orsakar negativa effekter med varierande skadliga konsekvenser för fiskpopulationer beroende på föroreningskällans geografiska läge och halter (Vattenmyndigheten 2013; Hamilton m.fl. 2016). *Marint undervattensljud* kan också påverka fiskpopulationer genom att orsaka beteendeförändringar eller fysiska skador på fiskarnas sinnesorgan och kan riskera att avbryta fiskarnas lek (Casper m.fl. 2013; Hammar m.fl. 2014; Gill m.fl. 2020; Havs- och vattenmyndigheten 2024). Dessutom kan *förstörelse och försämring av livsmiljöer* få betydande negativa konsekvenser och påverka födosöksplatser (Casini m.fl. 2016), uppväxthabitat (Baden m.fl. 2012; Sundblad m.fl. 2013) och lekområden (Svedäng m.fl. 2022), vilket kan leda till direkta effekter på rekrytering, tillväxt och överlevnad. Forskning visar att fysisk störning kan observeras i upp till 86 % av de europeiska kustvattnen (Korpinen m.fl. 2021).

För många fiskbestånd och arter är fiskeridödligheten en stor del av den totala dödligheten för juveniler och vuxna. Fiskeriförvaltningen syftar i allmänhet till att maximera den långsiktiga avkastningen genom att anta att fiskbestånden kommer att öka och återhämta sig om fisketrycket upphör (MSY-konceptet). Det finns allt fler empiriska bevis för att fiskbeståndens produktivitet kan variera avsevärt över tid, vilket gör att en förvaltning som syftar till att maximera avkastningen baserat på historiska uppskattningar av produktivitet är förknippad med höga risker för överexploatering (Albertsen m.fl. 2025). Dessutom har många fiskbestånd utsatts för omfattande överfiske och har som en följd minskat till så små bestånd att deras återhämtning kan vara långsam. En återhämtning kan till och med vara omöjlig, även utan fiske, om dessa fiskbestånd nu regleras av andra faktorer eller ekologiska

begränsningar. I Östersjön har fisketrycket varit så extremt att det inte bara lett till kollapsade bestånd utan också till förändringar i torskbeståndets storleksstruktur, där fisken nu når mognad vid en tidigare och mindre storlek (Cardinale & Modin 1999; Svedäng & Hornborg 2014; Hüseyin m.fl. 2018). Fiskets effekter på storleksstruktur och ålder vid mognad är ett fenomen som har observerats i många marina populationer och visar att fisket förändrar storleksbaserade interaktioner mellan arter (van Denderen & van Kooten 2013). Om man under lång tid avlägsnar äldre, större individer från populationer kan det resultera i ett återhämtningsmönster där åldersstrukturen återställs men inte nödvändigtvis ålder/vikt förhållandet (Charbonneau m.fl. 2018).

Rovfiskar är en naturlig och viktig komponent i näringsvävar och ekosystem. Dynamiken mellan rovfiskar och bytesfiskar hjälper till att reglera populationer i naturliga system. Rovfiskpopulationernas storlek är direkt relaterat till mängden bytesfisk, och *vice versa* styrs mängden bytesfisk både av predation och födotillgång. Under tidiga livsstadier kan rovfiskar även påverkas av konkurrens eller predation från framtida byten (Swain & Sinclair 2000; Minto & Worm 2012; Byström m.fl. 2015; Nilsson m.fl. 2019; Eklöf m.fl. 2020). Som Collie (2001) beskriver, gynnar uttag av rovfiskar deras bytesarter, medan uttag av bytesarter begränsar produktiviteten hos rovfiskarna. Också gradvisa förändringar i fiskeansträngning kan samspela med naturliga miljövariationer och leda till snabba förändringar i fisksamhället då det naturliga förhållandet mellan rovfisk och bytesfisk rubbas. Fisket har i många fall riktat in sig på större rovfiskar, vilket lett till överfiske av dessa arter och att fiskeansträngningen nu skiftat till rovfiskarnas bytesarter. Fiske nedåt i näringskedjan skapar en negativ återkoppling där fisket i sig kan hindra återhämtningen av de större rovfiskbestånden genom att fiska ner deras bytesarter (Collie 2001).

Även om alla ovan nämnda faktorer har en tydlig och väl etablerad inverkan på fiskpopulationerna, är de exakta konsekvenserna av de kumulativa effekterna av alla påverkansfaktorer svåra att helt fastställa. Globalt har det uppskattats att över 97 % av världens hav påverkas av flera stressfaktorer (Halpern m.fl. 2015) och mer oroande är att 59 % av haven står under allt större mänsklig påverkan (Halpern m.fl. 2019). Faktum är att mänsklig påverkan kan ses i 96 % av Europas havsområden (Korpinen m.fl. 2021). Påverkansfaktorer samverkar, ofta på icke-linjära sätt, vilket leder till konsekvenser som är svåra att förutse. En enda påverkansfaktor kan till exempel ha en positiv inverkan på fiskpopulationer upp till en viss tröskelnivå, t.ex. temperatur, där en initial ökning kan leda till perioder av ökad tillväxt för många marina fiskarter (Nissling 2004). Men när temperaturökningar kombineras med andra faktorer, t.ex. vissa föroreningar, kan föroreningens biotillgänglighet öka avsevärt, vilket gör föroreningen mycket skadligare vid högre temperaturer. Ett ytterligare exempel är de kumulativa

effekterna av temperatur och löst syre i havsvatten där syrenivån minskar när temperaturen ökar, vilket kan öka utbredningen av syrefattiga områden vilket har direkta negativa konsekvenser för marina arter, inklusive fiskpopulationer. De kumulativa effekterna av kombinerade påverkansfaktorer, som leder till stress i organismer, resulterar i en minskad motståndskraft, vilket gör att individer och därmed populationer blir mindre kapabla att motstå ytterligare stressfaktorer. I ett hav som påverkas av en mängd belastningar från mänskliga aktiviteter har fiskpopulationernas förmåga att motstå naturliga fluktuationer i miljön minskat drastiskt, vilket gör det av avgörande betydelse att utvärdera vår egen påverkan på marina ekosystem.

Sälars ekologiska roller

Toppredatorer är naturliga beståndsdelar i sina ekosystem och har flera olika ekologiska roller. Utveckling av ekosystembaserad förvaltning av marina ekosystem, inklusive säl- och fiskpopulationer, kräver kunskap om ekosystemens strukturer och funktioner, bland annat betydelsen av toppredatorer och interaktioner mellan och inom olika populationer av toppredatorer och bytesarter.

Omfördelning och transport av energi och näringsämnen

Sälar, tillsammans med andra marina däggdjur och sjöfåglar, har bland annat en biogeokemisk roll genom att de transporterar energi och näringsämnen mellan olika vattenmassor (djup), områden och miljöer, både i havet och på land. Transporten sker dels genom att sälarna födosöker i ett visst område men släpper ut rester av födan, i form av avföring och urin, i andra områden och dels genom att kadaver från döda djur och rester från födslar bidrar med energi och näringsämnen till omgivningen. Dessa processer har framför allt undersökts hos valar (Roman & McCarthy 2010; Fallows m.fl. 2013; Roman m.fl. 2014; Doughty m.fl. 2016; Alfaro-Lucas m.fl. 2018). Även om betydelsen av transport av näringsämnen på olika skalor diskuterats (Moss 2017) har undersökningar visat att även sälar kan bidra signifikant till transport av näring och energi mellan olika ekosystem (McLoughlin m.fl. 2016; Magnússon m.fl. 2020; Devred m.fl. 2021; Wing m.fl. 2021; Gilbert m.fl. 2024).

Betydelse som byten och/eller föda åt andra arter

Sälar utgör föda för andra organismer, dels predatorer och dels asätare (Smith 1976; Hayward 2009; Weller 2009; Auttila m.fl. 2014; Clarke m.fl. 2016; Quaggiotto m.fl. 2016; Moxley m.fl. 2020; Westphal m.fl. 2023). Kunskapsbristen gällande predation på sälar i svenska vatten är omfattande, men är förmodligen begränsad till predation från andra sälarter (t.ex. gråsäl), havsörn och landlevande rovdjur (t.ex. räv), och information saknas helt om kvantitativa effekter. Sälar äts även av

människor, även om halterna av miljögifter visat sig vara höga (Nyman m.fl. 2002; Sonne m.fl. 2019; Anderson m.fl. 2020; Dietz m.fl. 2021; Siddiqui m.fl. 2024).

Betydelse som värdar för parasiter

Parasiter är vanligt förekommande i fiskar och marina däggdjur och sälar är värdar åt ett stort antal olika parasitarter (Valtonen m.fl. 1988; Valtonen & Helle 1988; Lunneryd 1991; Lunneryd m.fl. 2001; Valtonen m.fl. 2004; Sinisalo m.fl. 2006; Lehnert m.fl. 2007; Valtonen m.fl. 2010; Mehrdana m.fl. 2014; Neimanis m.fl. 2016; Sokolova m.fl. 2018; Gabel m.fl. 2021; Buchmann 2023; Sromek m.fl. 2023; Herzog m.fl. 2024). Nematoderna *Pseudoterranova decipiens* (sälmask) och *Contracaecum osculatum* (levermask) är två parasiter som fått mycket uppmärksamhet i och med att de kan påverka såväl kroppskondition som ekonomiskt värde hos torsk, samtidigt som ökande sälpopulationer kan leda till ökande parasitinfektioner i torsk (Hafsteinsson & Rizvi 1987; McClelland 2002; Buchmann & Kania 2012; Haarder m.fl. 2014; Nadolna & Podolska 2014; Skrzypczak m.fl. 2014; Buchmann & Mehrdana 2016; Horbowy m.fl. 2016; Zuo m.fl. 2018; Ovegård m.fl. 2022; Buchmann 2023; Behrens m.fl. 2024). I Östersjön har dock andra faktorer, i form av födotillgång och syrefria bottnar, visat sig ha större betydelse än infektion av sälparasiter för kroppskonditionen hos torsk (Casini m.fl. 2016). Försämrad kondition hos torsk i Östersjön, som en följd av parasitinfektion i kombination med begränsad födotillgång och svält, har föreslagits kunna leda till ökad sälpredation på torsk (Eero m.fl. 2015; Buchmann 2023). Till skillnad från torskbeståndet i östra Östersjön kan inte försämringen i kroppskondition hos torskbeståndet i västra Östersjön kopplas till infektion av sälparasiter. Torskarna i västra Östersjön har visat sig ha låg infektionsgrad av levermask och deras försämrade kroppskondition verkar alltså påverkas av andra faktorer än sälparasiter (Receveur m.fl. 2022).

Kunskap om vilka parasiter som förekommer hos olika sälarter i olika områden, tillsammans med information om parasiternas spridningsvägar kan bidra till förståelsen av sälarnas födoval och födosöksområden samt dynamiken i de marina födovävarna och parasiters påverkan på sälars hälsa (Siebert m.fl. 1999; Marcogliese 2002; Pascual & Abollo 2005; Sinisalo m.fl. 2006; Lafferty 2008; Lafferty m.fl. 2008; Lehnert m.fl. 2014; Poulin m.fl. 2016).

Spridning av sjukdomar

Sälars kan vara vektorer för olika sjukdomar och infektioner orsakade av virus, bakterier, svampar och parasiter (Müller m.fl. 2003; Härkönen m.fl. 2006;

Isomursu & Kunnasranta 2011; Duignan m.fl. 2014; Zohari m.fl. 2014; Siebert m.fl. 2017; Shin m.fl. 2019; Sonne m.fl. 2020; Puryear m.fl. 2022; Puryear m.fl. 2023; Vigil m.fl. 2024). Sjukdomarna kan drabba sälarna själva men kan även vara zoonoser, det vill säga sjukdomar som kan spridas mellan olika djurarter och människor (Vigil m.fl. 2024).

Indikatorarter

Säl är toppredatorer och kan användas som indikatorer för miljön och för att övervaka förändringar och status i marina ekosystemförändringar samt effekter av klimatförändringar och mänskliga aktiviteter (Boyd & Murray 2001; Hindell m.fl. 2003; Scott & Wanless 2006; Laidre m.fl. 2008; Hazen m.fl. 2019; Naturvårdsverket 2020; Banga m.fl. 2022a; Banga m.fl. 2022b; HELCOM 2023; Havs- och vattenmyndigheten 2024). Närvaro av marina toppredatorer korrelerar ofta med höga lokala bytesförekomster och biologisk produktivitet (Alves m.fl. 2018; Houstin m.fl. 2022) och förändringar i sälars utbredning och rörelsemönster kan signalera förändringar i födotillgång/-kvalitet och livsmiljöförhållanden. Förståelse för sådana samband är av stor betydelse för effektiva bevarande- och förvaltningsstrategier (Grémillet m.fl. 2008; Hazen m.fl. 2012). I Nordsjön och Östersjön har fluktuationer i sälbestånden kopplats till förändringar i tillgången till fisk och miljöförhållanden, såsom temperatur och salthalt (Houstin m.fl. 2022).

I Sverige ingår övervakning av sälpopulationerna i den nationella marina miljöövervakningen. Syftet med denna övervakning är att använda sälarna som indikatorarter för miljöförändringar. Den pågående övervakningen är dock begränsad till inventeringar av populationsstorlek och utbredning³ samt hälsotillstånd⁴, och inte de direkta ekologiska kopplingarna mellan sälar och deras ekosystem i form av interaktioner mellan sälar och deras byten.

Majoriteten av de undersökningar som gjorts avseende interaktioner mellan säl- och fiskpopulationer har fokuserat på 1) i vilken omfattning sälars konsumtion av fisk kan påverka fiskbestånd och fiskets fångster, eller återhämtningen av nedfiskade fiskbestånd; 2) i vilken omfattning fiskets uttag av fisk kan begränsa födotillgången för sälar. Information om sälars födoval skulle kunna användas för att få information om fiskförekomst i områden från vilka det saknas kunskap om fisksamhällets arts- och storlekssammansättning (Smout m.fl. 2014). Antalet

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

⁴ <https://www.havochvatten.se/overvakning-och-uppfoljning/miljoovervakning/marin-miljoovervakning/halsotillstand-hos-marina-daggdjur.html>

studier som utvärderat möjligheterna att använda sälar som indikatorer för förändringar i fisksamhällets sammansättning av arter och storlekar är dock begränsat (Tollit m.fl. 1997a; Lindstrøm m.fl. 1998; Bogstad m.fl. 2000; Bowen m.fl. 2006; Gible & Harvey 2015; Kauhala m.fl. 2016; Kauhala m.fl. 2017). Eftersom sälar anses vara generalister i sina bytesval och äter ett brett spektrum av bytesarter, åtminstone på populationsnivå, innebär det att födovalen i viss mån borde återspegla bytestillgången. Men födovalen beror även på hur tillgången av flera olika potentiella bytesarter förändras. Hur en sälpopulation reagerar på förändringar i förekomst av en viss fiskart kommer därför att även bero på tillgång och näringsvärde av andra fiskarter i området (Middlemas m.fl. 2006; Smout m.fl. 2014). Predatorer med en generalistisk diet kan ändra sina födoval när en viss föredragen bytesart blir mindre tillgänglig. Predatorer som har en specialiserad diet är beroende av ett mer begränsat urval av bytesarter och är mindre benägna att ändra sina födoval. Förändringar i fisksamhällets sammansättning eller småskaliga variationer i miljön är därför vanligtvis mer uppenbara i dieten och kroppskonditionen hos en specialist än en generalist (Durant m.fl. 2009; Einoder 2009). Om en viktig bytesart för sälarna minskar i ett område är det mer troligt att sälar byter till en mer lättillgänglig, och/eller energimässigt mer fördelaktig bytesart i området, eller förflyttar sig till andra födosöksområden, än att de stannar kvar i området och fortsätter äta av den art som minskat. Dessutom kan predation från säl indirekt påverka interaktioner mellan olika fiskarter, till exempel konkurrens (Holt 1977). Beroende på förekomsten/tillgängligheten av alternativa byten kan det därför vara svårt att upptäcka även betydande förändringar i en av sälarnas bytesarter genom att följa sälarnas populationsstatus.

Det finns potential för vidareutveckling och förbättring för att använda sälar som indikatorer för ekosystem och förändringar i fisksamhällets art- och storlekssammansättning. Något som dock kräver bättre förståelse av hur förändringar på olika trofnivåer i ekosystemet kan fortplantas till toppredatorer och hur dessa förändringar kan mätas och kvantifieras (Hindell m.fl. 2003; Scott & Wanless 2006).

Förändringar i ekosystemet kan leda till förändringar i sälars diet, geografiska fördelning, födosöksområden, beteende, fysiologi och reproduktion. Geografisk fördelning och förekomst av sälar i specifika områden kan indikera områden som är attraktiva för sälarna, till exempel som en följd av produktiva ekosystem och tillgång av lämpliga bytesarter/-storlekar (Tershy m.fl. 1991; Croll m.fl. 1998; Reyers m.fl. 2000; Zacharias & Roff 2001; Gaston & Rodrigues 2003; Hooker & Gerber 2004).

Sälars roller i ekosystemförändringar

Eftersom det finns många kopplingar och interaktioner mellan och inom arter i ett ekosystem kan förändringar av en specifik art få långtgående effekter. Toppredatorer kan ha stabiliserande effekt på ekosystem som bland annat innebär att effekter från annan ekologisk påverkan kan buffras eller att balansen mellan olika bytesarter upprätthålls tack vare närvaron av toppredatorn (Menge m.fl. 1994; Libralato m.fl. 2006; Sala 2006; Sandin m.fl. 2022).

Marina toppredatorer har visat sig ha viktiga roller i funktionen av marina ekosystem (Bowen 1997). När toppredatorer försvinner kan det få negativa konsekvenser för hela ekosystemet (*top-down*-effekter och trofiska kaskader) och även påverka mängden fiskar negativt, något som bland annat har lett till obalans och storskaliga förändringar i marina ekosystem (Estes m.fl. 1998; Jackson m.fl. 2001; Worm & Duffy 2003; Myers m.fl. 2007; Heithaus m.fl. 2008; Buren m.fl. 2014). Abundans av gråsäl och/eller storskarv har visat sig vara en faktor som kan bidra till ekosystemförändringar i Östersjön (Olin m.fl. 2024).

Sälars roller som predatorer

Populationerna av säl i svenska vatten, knobbsäl, gråsäl och vikaresäl, skiljer sig såväl i geografisk utbredning och populationsutveckling som i ekologi. Samtidigt skiljer sig sammansättningen av arter och storlekar av fisk stort mellan olika områden. Det är därför förväntat att sälars ekologiska roller i de ekosystem de förekommer i varierar och skiljer sig åt mellan sälpopulationer och geografiska områden och tidsperioder, från årstider till år. Säl kan påverka fispopulationer positivt, negativt eller inte alls. Effekterna kan vara direkta, genom predation, eller indirekta genom att olika fiskarter i sin tur påverkar varandra (Yodzis 2001; Heithaus m.fl. 2008; Li m.fl. 2010; Baudron m.fl. 2019; Kerr m.fl. 2022).

Under lång tid fanns en förenklad föreställning om sälars ekologiska betydelse och påverkan på fisk, inte bara inom fiskets intressen utan även inom vetenskapen (Rae 1962; Harwood 1978; Gulland 1987; Lambert 2002). Ofta utgick man helt enkelt från att säl har en negativ påverkan på fisk (och fiske) i allmänhet, eftersom säl huvudsakligen äter fisk. Man tänkte sig även att fiskresursen var som en gemensam kaka som delades av säl och fiske, och att om sälarnas uttag av fisk minskade skulle detta automatiskt leda till att det fanns en större del av kakan kvar till fiskarna. Uppfattningen var mer eller mindre att varje fisk som inte äts av en säl kommer att kunna fiskas upp av människan. Föreställningen utgick från att andra interaktioner, än sälars predation på en specifik fiskart, i näringskedjan var betydelselösa. Säl kan dock äta mer än en fiskart, denna fiskart kan i sin tur äta

av andra fiskarter, eller konkurrera med andra fiskar om föda, och fiskarten kan även ätas av andra predatorer än säl.

I takt med att kunskapen om den marina ekologin och dess födovävar ökade och analysmetoder för ekologiska interaktioner utvecklats har synen på sälars roll i ekosystemet och påverkan på fisk förändrats avsevärt (Holt & Lavigne 1982; Beverton 1985; Harwood & Croxall 1988; Demaster & Sisson 1992; Punt & Butterworth 1995; UNEP 1999; Yodzis 2001). Från att tidigare främst ha betraktats som konsumenter av specifika fiskarter har perspektiven vidgats. Marina ekosystem är komplexa och dynamiska med ett mycket stort antal interaktioner mellan och inom arter och fiskar påverkas också av andra faktorer än sälpredation. Till exempel har undersökningar från olika havsområden visat att andra fiskar, och inte säl, ofta står för den största delen av predationen på fiskpopulationer (Bax 1991; Overholtz m.fl. 1991; Trites m.fl. 1997; Mackinson & Daskalov 2007; Overholtz & Link 2007; Savenkoff m.fl. 2007; Morissette m.fl. 2009a; ICES 2021; Skern-Mauritzen m.fl. 2022), men inte alltid (Savenkoff m.fl. 2008; Skern-Mauritzen m.fl. 2022).

Dynamiken mellan organismerna i marina ekosystem är komplicerad i allmänhet och det finns fler interaktioner än bara de direkta interaktionerna mellan en toppredator och dess bytesart(er). Säl kan konkurrera med andra fiskätande djur i ekosystemet (marina däggdjur, sjöfåglar och fiskar) och om antalet eller dieten hos någon/några av dessa fiskätare förändras kan även förutsättningarna för de andra fiskätarna i ekosystemet förändras. Eftersom säl kan äta fiskar som i sin tur påverkar andra fiskar, t.ex. genom att vara en födoresurs, ett rovdjur och en konkurrent till andra arter, blir effekterna av sälarnas predation på olika fiskpopulationer svåra att förutse (Butterworth m.fl. 1995; Punt & Butterworth 1995; Yodzis 1998; Swain & Sinclair 2000; Yodzis 2000; Yodzis 2001; Springer m.fl. 2003; Frank m.fl. 2005; Heithaus m.fl. 2008; Baum & Worm 2009; Gerber m.fl. 2009; Li m.fl. 2010; Aarts m.fl. 2019; Baudron m.fl. 2019; Kerr m.fl. 2022). Även i en gravt förenklad ekosystemmodell, bestående av en fiskätande predator och två fiskarter, kan effekterna av en minskning i antalet predatorer (t.ex. säl) leda till såväl ökad som minskad mängd av de olika fiskarterna (Yodzis 2001).

I och med att säl kan ha en stabiliserande inverkan på marina ekosystem skulle en minskning i antalet säl kunna förändra förekomsten av andra arter, med stora populationsfluktuationer på lägre trofiska nivåer i ekosystemet som följd (Jackson m.fl. 2001; Worm m.fl. 2002; Frank m.fl. 2005; Österblom m.fl. 2007). En viss fiskart kan gynnas om sälarna i området även äter av andra fiskarter som konkurrerar med den första fiskarten. Om sälarnas predation på den första fiskarten minskar, till exempel som en följd av att sälarna i området minskar i antal, kan detta

leda till att fiskarten faktiskt minskar i antal. Om en viktig art i sälarnas födoval har negativ inverkan på andra arter, vilka kan vara av kommersiellt intresse, kan predation från säl till och med vara gynnsam för förekomsten av kommersiella arter (Yodzis 2001; Heithaus m.fl. 2008; Lindström m.fl. 2009; Li m.fl. 2010; Morissette m.fl. 2012; Baudron m.fl. 2019; Kerr m.fl. 2022). På grund av kombinationen av direkta och indirekta effekter, vars styrkor varierar, är det svårt att isolera effekter av sälars predation på en viss fiskpopulation från andra faktorer och interaktioner som påverkar fiskpopulationer och ekosystem, även i förhållandevis artfattiga ekosystem. Från Östersjön finns dock en studie vars resultat indikerar säl kan bidra till destabiliserande inverkan på marina ekosystem (Olin m.fl. 2024).

Även fiskpopulationernas storlek, eller täthet, kan vara avgörande för deras överlevnad. Små fiskpopulationer kan vara mer känsliga, och kan ha försämrade förmåga att återhämta sig från låga nivåer, bland annat på grund av svårigheter att undvika predation samt hitta föda och partners. På grund av konkurrens om resurser minskar vanligtvis populationens tillväxttakt vid högre tätheter, medan tillväxttakten ökar vid lägre tätheter. Enligt detta resonemang klarar sig alltså individerna bättre i en mindre population med liten konkurrens. Denna korrelation mellan populationsstorlek (eller täthet) och individuell kondition (*fitness*) gäller dock bara till en viss gräns. När populationsstorleken eller densiteten underskrider en viss nivå, och det finns för få individer, kan den individuella överlevnaden istället börja minska och populationens produktivitet börjar minska istället för att öka (Courchamp m.fl. 1999; Frank & Brickman 2000; Liermann & Hilborn 2001; Gascoigne & Lipcius 2004; Hutchings & Reynolds 2004; Kramer m.fl. 2009; Smout m.fl. 2010; Albertsen m.fl. 2025). Först när populationsstorleken eller tätheten når upp över den kritiska nivån igen kan den individuella överlevnaden börja öka. Fenomenet kallas Allee-effekt, eller depensation (Allee & Bowen 1932).

Effekter av Allee-effekter på fiskpopulationer, även kallat depensatorisk dynamik, och hur detta kan försvåra för svaga fiskpopulationerna att återhämta sig, eller rent av leda till att de dör ut, har framför allt undersökts i nordvästra Atlanten. Betydelsen av olika faktorer, bland annat sälpredation, och i vilken omfattning de kan bidra till att fiskpopulationerna hålls kvar på låga nivåer diskuteras i ett antal studier (Shelton & Healey 1999; Buren m.fl. 2014; Kuparinen & Hutchings 2014; Swain & Benoît 2015; Neuenhoff m.fl. 2018; Swain m.fl. 2019a; Perälä m.fl. 2022; Winter m.fl. 2023). Den höga naturliga dödligheten, delvis orsakad av predation från de växande sälpopulationerna, i de kollapsade fiskbestånden föreslås vara en följd av Allee-effekter (Kuparinen & Hutchings 2014; Swain & Benoît 2015; Neuenhoff m.fl. 2018; Swain m.fl. 2019a). Den relativa dödligheten orsakad av sälpredation ökar när fiskbestånden minskar och sälarna verkar enligt studierna hålla kvar bestånden på låga nivåer, så kallade *predator pits*

(Gascoigne & Lipcius 2004; Bakun 2006; Kempf m.fl. 2008) vilket kan försvåra eller till och med förhindra fiskbeståndens återhämtning (tabell 4). En förklaring till det skulle kunna vara att, trots att fiskbestånden är små, kan densiteten av fisk vara hög i vissa områden under vissa perioder där sälpredation kan ha stor påverkan (Harvey m.fl. 2012; Hammill m.fl. 2014).

Påverkan på andra arters beteende, livshistoria och fysiologi

Definition av ekologiska roller hos toppredatorer utgår ofta från predatorernas predation på bytesarter och möjliga indirekta effekter av predationen. Men en predators ekologiska roll inkluderar även andra effekter än de som orsakas av predationen. Predatorer kan påverka sina bytesarter genom icke-konsumtionseffekter (non-consumptive effects), vilket innebär att bytesarterna förändrar sina beteenden och/eller fysiologi och morfologi för att minska riskerna att bli uppätta (Lima 1998; Dill m.fl. 2003; Werner & Peacor 2003; Reynolds & Sotka 2011; Sheriff & Thaler 2014; Kiszka m.fl. 2015; Kindinger & Albins 2017; Pessarrodona m.fl. 2019; Sheriff m.fl. 2020). Utbredningen, omfattningen och betydelsen av icke-konsumtionseffekter i marina ekosystem är dåligt känd, trots att effekterna på såväl bytespopulationer som andra delar av ekosystemet kan vara omfattande (Wirsing m.fl. 2008; Sheriff m.fl. 2020). Även om kunskapsbristen är stor har påverkan från sälar på fiskarter, i form av beteendeförändringar, kunnat konstateras i olika undersökningar (Connell 2002; Benoit m.fl. 2010; Ainley & Ballard 2012; Mittelbach m.fl. 2014; Kiszka m.fl. 2015; Swain m.fl. 2015a). En följd av beteendeförändringar hos fisk för att undvika att bli uppätta av en predator skulle kunna vara att fiskarna förflyttar sig till andra områden eller habitat (Burrows m.fl. 1994; Arreguín-Sánchez 1996; Bax 1998; Alós m.fl. 2012; Villegas-Rios m.fl. 2014). En studie från Kanada har visat att närvaro av knobbsäl påverkar livshistoria och morfologi hos Kanadaröding (*Salvelinus namaycush*) med snabbare tillväxt och kortare fiskar som följd (Power & Gregoire 1978). Omfattningen av förändringar i beteende och/eller livshistoria och fysiologi hos fisk orsakade av närvaro av säl i svenska marina ekosystem är okänt, men har konstaterats hos fiskar i sjöar som ändrar sitt beteende i närvaro av storskarv (Skov m.fl. 2013; Hulthén m.fl. 2017). Något som även observerats i experiment på hur beteendet hos lyrtorsk (*Pollachius pollachius*) påverkas av närvaro av öronskarv (*Nannopterum auritum*) (Rangeley & Kramer 1998).

Inkludering av sälpredation i beståndsanalyser

Det kan vara viktigt att ta hänsyn till predation från toppredatorer i samband med beståndsuppskattningar i fiskeriförvaltningen, till exempel för att bättre förstå hur

fiskeridödligheten förhåller sig till naturlig dödlighet, i form av predation (Livingston 1993; Tsou & Collie 2001; Tjelmeland & Lindstrom 2005; Tyrrell m.fl. 2011; Cook m.fl. 2015; Skern-Mauritzen m.fl. 2016). Att ta hänsyn till predation i beståndsanalyser kan påverka resultaten, t.ex. i form av beräknad fiskbiomassa och fiskeridödlighet för fiskbestånden (Bundy m.fl. 2009; Moustahfid m.fl. 2009; Smith m.fl. 2015a; ICES 2017; Trijoulet m.fl. 2018b; ICES 2022). Att inkludera biologiska interaktioner i ekosystemmodeller leder ofta till att den beräknade biomassan av ett fiskbestånd ökar medan mängden fisk som kan tas upp utan att beståndet äventyras minskar (MSY, Maximum Sustainable Yield), vilket i sin tur resulterar i minskade fiskekvoter (Hollowed m.fl. 2000; Link m.fl. 2015). Inkludering av sälpredation i beståndsanalyser kan leda till högre uppskattningar av den naturliga dödligheten. Till följd av detta är fiskeridödligheten i allmänhet lägre och lekbiomassan högre än i bedömningar som inte tar hänsyn till sälpredation. Om den naturliga dödligheten har ökat mer än vad som antas i beståndsanalysmodellerna kan det leda till en felaktig slutsats att fiskeridödligheten har ökat, eller att fiskeridödligheten inte minskat så mycket som resultaten visar. För torskbeståndet vid Skottlands västkust verkar den naturliga dödlighet som erhålls från beståndsanalyserna inte kunna svara för den ökade sälpredationen i tillräcklig utsträckning (Cook & Trijoulet 2016). Predation från sälar är dock bara en av flera möjliga faktorer som bidrar till fiskbeståndens naturliga mortalitet.

I Sverige inkluderas predation från vikaresäl i beståndsanalysen för siklöja i Bottenviken (ICES 2021). Genom att ta hänsyn till vikaresälarnas uttag av siklöja inkluderas en större del av den dödlighet som påverkar siklöjabeståndets dynamik, med syfte att ta fram bättre underlag om beståndets status (Gilljam m.fl. 2022; Gilljam 2024).

Sälars påverkan på fisk i olika havsområden

Sälars påverkan på fisk har studerats under lång tid och i flera olika områden. Majoriteten av de studier som gjorts har varit inriktade på sälarnas roller i nedgångar och kollapser av kommersiella fiskbestånd samt vilken betydelse sälpopulationerna har för återhämtning av svaga fiskbestånd. I denna rapport presenteras resultat från undersökningar i Östersjön och Västerhavet (Skagerrak och Kattegatt). För att vidga vyerna och ta tillvara andra relevanta undersökningar presenteras dessutom studier från Nordsjön och Nordatlanten eftersom dessa områden är förhållandevis välstuderade, och där undersökningarna till stor del kretsar kring liknande ekologiska interaktioner, mellan framför allt gråsäl och torsk, som i svenska vatten. De studier som presenteras har undersökt ekologiska interaktioner mellan sälar och fisk samt sälars påverkan på fisk och fiske, och i viss mån *vice versa*. Studier som enbart undersökt sälars diet ingår inte i sammanställningen, istället hänvisas till befintliga publikationer på detta tema (ICES 2006; ICES 2018; Scharff-Olsen m.fl. 2018). Studier som varit inriktade på konflikter vid fiskeredskap samt studentuppsatser och doktorsavhandlingar ingår inte heller i sammanställningen. Det finns även studier som bygger på beräkningar av ekonomiska effekter av sälars predation på fisk, men även dessa har utelämnats från den här sammanställningen (Conrad & Bjørndal 1991; HOLMA m.fl. 2014; Trijoulet m.fl. 2018a; Lai m.fl. 2021; Blomquist m.fl. 2022; Jansson & Waldo 2022). Ett stort antal studier har använt sig av olika typer av matematiska modelleringar av, bland annat, interaktioner mellan säl och fisk. Sammanställningen går inte närmare in på granskningar eller utvärderingar av olika modelleringsmetoder utan hänvisar istället till den litteratur som finns tillgänglig (Christensen & Walters 2004; Plagányi & Butterworth 2004; Plagányi 2007; Lindegren m.fl. 2009; Niiranen m.fl. 2012; ICES 2015; Longo m.fl. 2015; Goedegebuure m.fl. 2017; Bossier m.fl. 2018; Bauer m.fl. 2019b; Opitz & Froese 2019; Pope m.fl. 2019; Natugonza m.fl. 2020; Neuenfeldt m.fl. 2020; Korpinen m.fl. 2022; Olsen m.fl. 2022; Plagányi m.fl. 2022; Rupil m.fl. 2022; Karp m.fl. 2023). Även mer ingående granskning av detaljer i de enskilda studierna hamnar utanför ramarna för den här sammanställningen. Syftet med tabellerna är dels att ge läsaren en överblick av vilka studier som gjorts i olika områden och dels att skapa förutsättningar för fortsatta och mer detaljerade

granskningar, till exempel av metoder, resultat, tolkningar och slutsatser från olika studier.

Litteratursammanställningen bygger på ett befintligt referensbibliotek och källhänvisningar i referenser i kombination med sökningar på internet (Web of Science, Google Scholar). Till skillnad från referenssökningen för metaanalysen (se senare stycke) så inkluderas här även artiklar som inte nämnts i titel eller sammanfattning (abstract). Från de studier som bedömdes vara relevanta har formuleringar av resultat och slutsatser extraherats.

Östersjön

Sedan slutet av 1900-talet har Östersjöns ekosystem genomgått dramatiska förändringar, från stora mängder torsk och låga mängder pelagisk fisk, till låga mängder torsk och höga mängder pelagiska arter (Casini m.fl. 2008; Möllmann m.fl. 2009). Förändringarna har tillskrivits en kombination av överfiske, ändrade miljöförhållanden och förändringar i näringsväven (Matthäus & Schinke 1994; Karlson m.fl. 2002; Alheit m.fl. 2005; Casini m.fl. 2016).

Trots begränsad information om födovälet hos sälpopulationerna i Östersjön finns ett stort antal studier som undersökt sälars inverkan på fiskbestånd (Söderberg 1975; Tormosov & Rezvov 1978; Stenman & Pöyhönen 2005; Lundström m.fl. 2007; Lundström m.fl. 2010a; Kauhala m.fl. 2011; Lundström m.fl. 2012; Suuronen & Lehtonen 2012; Lundström m.fl. 2014; Scharff-Olsen m.fl. 2018). Populationerna av gråsäl och framför allt vikaresäl i Östersjön uppskattas ha varit betydligt större än vad de är för tillfället, omkring 100 000 gråsäl och minst 200 000 vikaresäl (Durant & Harwood 1986; Hårding & Härkönen 1999; Kokko m.fl. 1999). Under 1900-talet orsakade framför allt jakt men även miljögifter stora minskningar av antalet säl i Östersjön. Populationerna minskade till mindre än 5 % av sina storlekar och den minskade predationen från säl, i kombination med ökad näringstillförsel kan ha bidragit till att torsken under en tid blev den huvudsakliga toppredatorn i Östersjön (Thurrow 1997; MacKenzie m.fl. 2002a; Österblom m.fl. 2007; Eero m.fl. 2011). Dessa studier kan dock ha missat viktiga interaktioner i födoväven (framför allt mellan skrubbskädda och torsk) och kan ha överskattat sälpredationens betydelse för torskbeståndet (Tomczak m.fl. 2022). Sälarnas historiska ekologiska roll i Östersjön kan alltså ha varit annorlunda och andra faktorer än minskad sälpredation kan ha varit avgörande för förändringarna i fiskpopulationernas storlek (MacKenzie m.fl. 2002b; Eero m.fl. 2008; MacKenzie m.fl. 2011; Tomczak m.fl. 2022). Även om de stora sälpopulationerna i början av 1900-talet

konsumerade stora mängder fisk saknas historisk information om vilka arter som ingick i de olika sälpopulationernas födoval.

I slutet av 1900-talet minskade torskbeståndet i Östersjön på grund av framför allt intensivt fiske vilket öppnade upp för en kraftig ökning av framför allt torskens bytesart skarpsill (Österblom m.fl. 2007; Casini m.fl. 2008; Waldo m.fl. 2019). Under 2000-talet har sälbestånden i Östersjön återhämtat sig, vilket har lett till ökade konflikter med fisket och en oro för att sälarna påverkar fiskbestånd negativt och kan konkurrera med fisket (Svels m.fl. 2019; Waldo m.fl. 2020; Jansson & Waldo 2022; Suuronen m.fl. 2023). Potentialen för framtida konflikter mellan sälar och fiske, till exempel ökad sälpredation, samt behovet av en ekosystembaserad förvaltning förutsågs relativt tidigt genom ekologisk modellering (Hansson m.fl. 2007).

Generellt pekar resultat från modelleringsstudier av ekologiska interaktioner i utsjön på att sälarnas betydelse för bestånden av torsk, sill och skarpsill är liten i förhållande till påverkan från fisket och miljöfaktorer, samt att livskraftiga sälpopulationer kan samexistera med fiske, förutsatt att förvaltningen är adekvat (Hansson m.fl. 2007; MacKenzie m.fl. 2011; Hansson m.fl. 2017; Costalago m.fl. 2019). När det gäller resultat från ekologiska modelleringar kan slutsatserna om sälars påverkan på fiskbestånd skilja sig åt beroende på vilka ekologiska modeller som använts. Exempelvis visade en jämförelse mellan olika modelleringsverktyg att sälars påverkan på fisk var större när Gadget användes än när EwE användes (Bauer m.fl. 2019b).

Studier av sälars påverkan på fiskpopulationer i Östersjön har under senare tid blivit mer inriktade på kustnära områden, och fokus har flyttats från fiskarter i öppna havet (torsk, sill/strömming och skarpsill) till kustnära arter som abborre och gädda. Predation från säl presenteras av vissa studier som något negativt för fiskpopulationer, baserat på beräkningar av sälars uttag av fisk (Hansson m.fl. 2017; Bergström m.fl. 2022a; Bergström m.fl. 2022b). Resultaten från dessa studier visar på sälpopulationens potential att konsumera fisk, förutsatt att beräkningarna bygger på relevanta underlag om sälpopulationens storlek, utbredning, födoval och konsumtion. Att dra slutsatser om på vilka sätt och i vilken omfattning olika fiskpopulationer påverkas av sälpredation baserat på uppgifter om hur mycket sälarna äter av olika fiskarter är dock svårt på grund av dynamiken och komplexiteten i de marina ekosystemen (Yodzis 2001; Hansson m.fl. 2018; Heikinheimo m.fl. 2018). Även rumsliga faktorer, till exempel hur förekomsten av sälar och fiskar varierar inom och mellan områden kan ha stor betydelse för att förstå mer komplexa interaktioner mellan sälar, fiskar och fiske i födoväven. Likheter mellan sälars uttag av specifika arter och storlekar av fisk och fiskets

målarter på lokal nivå är inte nödvändigtvis ett tecken på konkurrens på större geografiska skalor (Heikinheimo m.fl. 2018; Skern-Mauritzen m.fl. 2022).

I jämförelser mellan fisksamhällens utveckling i fiskefria områden och områden där fiske är tillåtet har man sett att utvecklingen i fiskefria områden inte alltid är som förväntat och att fångsterna av abborre och gädda först ökar och sedan minskar. Den senare negativa trenden misstänks kunna bero på predation från gråsäl och/eller storskarv, något som stöds av skador på fångsten och som förklaras av att antalet säl och/eller skarvar i områdena kan ha ökat eftersom populationerna av gråsäl och storskarv i Östersjön har ökat under senare år (Bergström m.fl. 2022a). Minskade fångster i provfisken på grund av gråsäl och storskarv kan bero på att säl och/eller skarv äter upp fisken, men kan även bero på att närvaron av toppredatorerna påverkar fiskarnas beteende och gör dem mindre benägna att fångas i provfiskeredskapen (se avsnittet Påverkan på andra arters beteende, livshistoria och fysiologi). Gråsälens potential som fiskätare och sälarnas negativa inverkan på populationer av abborre och gädda presenteras även som en viktig orsak till minskande gäddpopulationer (Bergström m.fl. 2022b). Predation från gråsäl och/eller storskarv föreslås även kunna bidra till mer storskaliga ekosystemförändringar i Östersjön (Eklöf m.fl. 2020; Bergström m.fl. 2022b). I Östersjön har en studie visat att förekomst av toppredatorerna gråsäl och storskarv kan vara destabiliserande för ekosystemet genom att de kan påverka abborre och gädda negativt. Minskad förekomst av abborre och gädda kan leda till kaskadeffekter på lägre trofnivåer, med ökad förekomst av storspigg och ökad mängd fintrådiga alger och habitatförändringar som följd (Olin m.fl. 2024). Enligt studien kan tätheten av gråsäl och storskarv försvåra för abborre och gädda att kontrollera mängden storspigg lokalt. Tätheten av säl och skarv, baserat på inventeringsresultat, användes som ett mått på toppredatorernas konsumtion av fisk, dock utan information om vilka arter och storlekar av fisk som sälarna och skarvarna äter.

Som med alla studier av interaktioner mellan säl och fisk och undersökningar av sälars påverkan på fiskpopulationer finns det begränsningar i de studier som utförts i Östersjön. Tidigare modelleringsstudier saknar till stor del dietdata från södra Östersjön, samtidigt som gråsälpopulationen i Östersjön har fortsatt att öka i storlek. Resultaten från en senare studie som är baserad på dietprover från södra Östersjön konstaterar att andelen torsk i dieten hos gråsäl kan vara betydligt större än tidigare undersökningar visat samt att predation från gråsäl kan vara av betydelse för torskbeståndet lokalt men inte på beståndsnivå (Eero m.fl. 2019). Det finns därför intresse av att uppdatera tidigare undersökningar med aktuella uppgifter om (bl.a.) säl, fisk och fiske, samt även av att använda sig av olika modelleringsverktyg. Kunskapsläget om sälars födoval i kustnära områden i Östersjön och i vilken omfattning sälpopulationerna födosöker i dessa habitat är mycket begränsat. Även

hur de olika ekologiska rollerna hos storskarv och de olika sälpopulationerna i Östersjön skiljer sig åt, och i vilken omfattning de påverkar fiskpopulationer i olika kustområden behöver utredas.

Tabell 1. Studier som undersökt interaktioner mellan säl och fisk och sälars påverkan på fisk i Östersjön. *Artikeln identifierades i sökningarna inför en metaanalys.

Referens	Slutsatser om säl
Elmgren 1989	Ökad fiskeansträngning tillsammans med ökad fiskproduktion och minskade sälbestånd bidrog till större fiskfångster under 1900-talet. På 1980-talet krävde fisket 10 procent av primärproduktionen, medan sälarna krävde mindre än 0,1 procent.
Thurow 1997	Under 1900-talet ökade fiskbestånden på grund av minskande sälpopulationer.
MacKenzie m.fl. 2002a	Review. Det är oklart vilken roll fisket, sälarna och miljövariationerna spelar för fisken.
Harvey m.fl. 2003	Modellering visade att dödligheten på torsk orsakad av säl var försumbar, även i ett scenario där antalet säl i modellen ökade kraftigt.
Hansson m.fl. 2007	Modellering visade att fiske, säl och övergödning har en stark och samverkande inverkan på ekosystemet och fiskpopulationerna. Om fisket förvaltades enligt en försiktighetsansats skulle sälpopulationerna kunna vara lika stor som den var för 100 år sedan ($n = 100\ 000$) samtidigt som bestånden av torsk och sill fortfarande skulle vara lika stora eller större än de var när sälpopulationerna var små ($n = 9000$).
Österblom m.fl. 2007	Modellering visade att minskad sälpredation och ökad övergödning till stor del kan förklara dynamiken för torsk, sill och skarpsill i Östersjön under 1900-talet (1900-1980). Under första hälften av 1900-talet var minskningen i predation från säl (<i>top-down control</i>) den främsta orsaken för fiskbeståndens ökning.
Eero m.fl. 2011	Modellering visade att torskbeståndet i Östersjön begränsades av säl och näringsbrist i början av 1900-talet. I mitten av 1900-talet ersattes dessa faktorer av påverkan från fiske. Det är osannolikt att sälpredation var den främsta orsaken till den låga torskforekomsten i slutet av 1920-talet och början av 1930-talet. Sälpredation kan däremot förklara den relativt låga torskbiomassan i slutet av 1930-talet. De minskande sälpopulationerna bidrog inte till att torskbeståndet ökade under 1970 -talet.
Lindegren m.fl. 2011	Tidsserieanalys och multipel linjär regression visade att påverkan från gråsäl på strömming i Bottenhavet var negativ för äldre fiskar (6 år).

MacKenzie m.fl. 2011	Modellering visade att sälpredation hade mycket mindre inverkan på torskbeståndets återhämtning jämfört med effekterna av fiske och salthalt.
Gårdmark m.fl. 2012*	Inkludering av predation från gråsäl påverkade inte resultaten från beståndsanalysen av strömming i Bottenhavet.
Mäntyniemi m.fl. 2012	Minskad överlevnad hos lax (post-smolt) kan förklaras av ökad sälförekomst. Det är dock osäkert om sambandet beror på direkta orsakssamband eller andra faktorer.
Tomczak m.fl. 2012	Fisket har betydligt större inverkan på torskbeståndet (200-700 %) än vad sälpredationen har.
Lindegren m.fl. 2014	Säl har ingen inverkan på bestånden av torsk, sill och skarpsill.
Lundström m.fl. 2014	Kvantifiering av konsumtion visade att vikaresälarnas konsumtion av strömming och siklöja i Bottenviken var i samma omfattning som yrkesfiskets landningar.
Kauhala m.fl. 2016	Reproduktionen hos gråsäl kan förklaras med födans kvalitet (vikt hos sill/strömming). Inverkan från andra faktorer kan dock inte uteslutas.
Köster m.fl. 2016	Review. Analyser av kannibalism, bytestillgång och predation från bland annat säl efterfrågas för bättre kunskap om dynamiken hos torsk.
Hansson m.fl. 2017; Hansson m.fl. 2018; Heikinheimo m.fl. 2018	Kvantifiering av fiskuttag visade att predation från säl på de kommersiellt viktigaste arterna (sill/strömming, skarpsill och torsk) är mycket liten jämfört med fiskets fångster. Fisket kan begränsa tillgången på viktiga bytesarter för sälar. Lokal konkurrens mellan säl och fiske är möjlig i vissa kustområden. Sälarnas uttag av sik och öring, och i vissa områden även gädda och abborre, var enligt beräkningarna större än fiskets uttag. Underlaget om sälars födoval och förekomst samt produktionen av fisk är begränsat. Resultaten och slutsatserna har kritiserats, bland annat eftersom de inte tog hänsyn till skillnader i storlekspreferens mellan predatorer och fiske samt variationer och lokala skillnader i förekomst av predatorer och fiskesamhällets sammansättningar.
Kauhala m.fl. 2017	Födans kvalitet snarare än kvantitet är av betydelse för sälar. Försämrad kvalitet på födan (vikt hos sill/strömming) påverkar kroppskonditionen hos gråsäl negativt. Ökad födokvalitet påverkar sälarnas kroppskondition positivt.
Bauer m.fl. 2018	Modellering påvisade inga effekter av sälpredation på fiskbestånd, även i en simulering av en växande sälpopulation (n = 60 000).
Bauer m.fl. 2019a	Modellering som bl.a. inkluderade gråsäl indikerade att biodiversitet och fiskfångster drevs av förändringar kopplade till klimat, näringsämnen och fiskeriförvaltningsstrategier.
Bauer m.fl. 2019b	Jämförelse av tre ekosystemmodeller. I Gadget påverkas bestånden av sill och strömming och torsk, men inte

	skarpsill, negativt av en ökad sälpredation. I EwE påverkas inga av fiskbestånden av en ökad sälpredation.
Costalago m.fl. 2019	Modellering visade att fiskets och miljöfaktorers inverkan på fiskbiomassan (torsk, sill/strömming, skarpsill) är större än effekten av predation från säl. En ökande sälpopulation kommer sannolikt inte att hota fiskbestånden i centrala Östersjön.
Eero m.fl. 2019	Predation från säl kan ha lokal inverkan på torsk, men förklarar inte den höga naturliga dödligheten i torskbeståndet.
Opitz & Froese 2019	Modellering visade att fisket och toppredatorers uttag av fisk i västra Östersjön var större än den årliga fiskproduktionen. Konkurrenten om fisk som föda (främst ungtorsk, sill och skarpsill) förekom mellan fisket, sälar och tumlare, där fisket tog ca 4-5 gånger mer än sälar och tumlare tillsammans. Modellresultaten visar att fisketrycket orsakar konkurrens om föda mellan sälar, tumlare, torsk och andra bottenlevande fiskar och tvingar dem att äta från lägre trofiska nivåer eller att söka föda i angränsande ekosystem. Hård konkurrens om sill och skarpsill som föda förekom mellan fisket, tumlare och torsk.
Pope m.fl. 2019	Jämförelse mellan olika flerartsmodeller för Östersjön och Nordsjön. Sälar var inkluderade i flera av modellerna men inga detaljer om sälars inverkan på fiskbestånd presenteras.
Karlson m.fl. 2020	Kroppskonditionen hos torsk, sill och skarpsill påverkas av konkurrens, predation och tillgången på bytesdjur. Förändringar i kroppskonditionen hos organismer längre ned i näringskedjan (lägre trofiska nivåer) kan sprida sig uppåt och påverka kroppskonditionen hos gräsäl. En ökad sälpopulation sammanfaller med försämrad kroppskondition hos torsk, vilket skulle kunna förklaras av konkurrens mellan säl och torsk, selektivt födointag hos sälar eller ökad parasitbelastning i torsk p.g.a. ökad sälförekomst. Det kan dock även vara en korrelation utan orsakssammanhang mellan en negativ trend i torskens kondition och en växande sälpopulation. Kroppskondition hos skarpsill och strömming var positivt associerad med sälförekomst, vilket indikerar en positiv effekt av sälpredation t.ex. genom att sälarna främst äter fiskar i sämre kondition. Sälpredation kan även bidra till minskad konkurrens och ökad tillväxt i fiskbestånden.
Galatius m.fl. 2021; Kielpińska & Kowalski 2021	Förvaltningen av marina ekosystem föreslås ta hänsyn till behovet av att reglera sälpopulationer.

	<p>Slutsasterna i Kiełpińska & Kowalski (2021) kritiseras dock av Galatius m.fl. (2021) som menar att det är baserat på felaktiga antaganden om sälars rörelser mellan områden, ålder för könsmognad, åldersspecifik, fertilitet och dödlighet, könssammansättning och påverkan av jakt. Studien kritiseras även för att inte ta hänsyn till osäkerheter, ekologisk komplexitet och kristiska kunskapsluckor. Ekosystemmodelleringar har visat att fiske kan samexistera med en stor sälpopulation, och att skydds jakt på säl kan ha oförutsägbara och oavsiktliga effekter.</p>
Svedäng & Rolff 2021	<p>Review. Historiskt sattes inte variationerna i bestånden av strömming och torsk i Stockholms skärgård i samband med predation från säl. Även om sälarna orsakade lokala problem kunde fisket fortgå trots stora sälpopulationer.</p>
Bergström m.fl. 2022a	<p>Det beräknade uttaget av gädda och abborre från gråsäl i skyddade områden var högt, vilket tyder på negativa effekter av predation, från gråsäl och/eller storskarv, på vissa fiskarter.</p>
Bergström m.fl. 2022b	<p>Gråsälars konsumtion av gädda i Stockholms skärgård beräknades vara större än fiskets fångster.</p>
Birgersson m.fl. 2022	<p>Review. Effekter av sälpredation på fisk är begränsade jämfört med fiske och olika miljöfaktorer.</p>
Bryhn m.fl. 2022	<p>Review. Säl har potential att äta stora mängder fisk. Sälarnas inverkan på torsk, och hur inverkan från säl förhåller sig till andra påverkansfaktorer är dock okänt.</p> <p>I allmänhet karakteriseras marina näringsvävar av både <i>top-down</i>- och <i>bottom-up</i>-processer, och de indirekta interaktionerna är fler än de direkta interaktionerna.</p> <p>Vissa studier från Atlanten tyder på att säl har en inverkan på återhämtningen av utfiskade torskbestånd, men andra studier inte gör det.</p>
Kauhala m.fl. 2022	<p>Ett varmare klimat påverkar Östersjöns ekosystem. Förändringar i salthalt fortplantar sig i näringsväven, från djurplankton till toppredatorer (vikaresäl). Förändringar i biomassan av djurplankton (byten för fisk) påverkar vikten hos fisk (födokvalitet för säl) och sälarnas kroppskondition (späcktjocklek). I Bottenviken har späcktjockleken hos vikaresäl, medelvikten hos fisk (strömming och siklöja), biomassan av djurplankton och salthalten minskat över tid (sedan 1980-talet), medan medeltemperaturen har ökat.</p> <p>Späcktjockleken hos vikaresäl (≥ 1 år) ökar med ökande födokvalitet. Späcktjockleken och medelkroppslängden hos sälkutar minskar med ökande vintertemperatur, men ökar med ökande snödjup. Försämrade kroppskondition hos vikaresäl kan vara ett varningstecken och kan användas som</p>

	<p>en indikator på klimatförändringarnas effekter i Bottenviken. Varmare klimat innebär också mindre is och snö, vilket oundvikligen försämrar förutsättningarna för vikaresälens fortplantning och leder till ett minskat utbredningsområde för sälarna i Östersjön.</p>
Olin m.fl. 2022	<p>Review och tidsserieanalys som visar att sälpredation kan ha olika effekter på fiskbestånd och ekosystem, beroende på om sälarna äter rovfisk (t.ex. gädda och abborre) eller mesopredatorisk fisk (t.ex. spigg och svart smörbult).</p>
Receveur m.fl. 2022	<p>Torskbeståndet i västra Östersjön befinner sig på historiskt låga nivåer, främst på grund av högt fisketryck och låg rekrytering. Förändringar i miljön kan påverka torsken negativt.</p> <p>Torskens kroppskondition har gradvis försämrats under de senaste decennierna, med en ökad försämring under de senaste åren. Detta tyder på kraftigt minskande energireserver, förknippade med förändringar i miljöförhållandena (temperatur, hypoxiska områden och födotillgång). Det är osannolikt att beståndet återhämtar sig enbart genom fiskeriförvaltning om inte miljöförhållandena förbättras.</p> <p>Torsk i västra Östersjön har mycket låga infektionsnivåer av levermask, och till skillnad från torskbeståndet i östra Östersjön kan alltså inte försämringen av kroppskonditionen kopplas till parasiten. En annan möjlig orsak till försämrad kroppskondition hos torsk är tiaminbrist. Försämringar i kroppskondition som påvisats för de två torskbestånden i Östersjön verkar involvera olika metaboliska processer.</p> <p>Förutom att konstatera att torskbeståndet inte påverkas negativt av sälrelaterade parasiter, tas inte effekter av säl, t.ex. predation, upp i studien.</p>
Tomczak m.fl. 2022	<p>Modellering som inte bekräftar tidigare resultat (Österblom m.fl. 2007) om sälarnas betydande roll som drivkraft för fiskbeståndens utveckling i början av 1900-talet. Förhållandet mellan säl och fisk är falska korrelationer, orsakade av negativa korrelationer med produktivitet.</p>
Buchmann 2023	<p>Infektion av nematoden levermask kan försämma konditionen hos torsk i Östersjön. I kombination med begränsad födotillgång och svält diskuteras att detta kan leda till att sälpredationen på torsk ökar.</p>
Eero m.fl. 2023	<p>En ökning av infektioner med levermask hos torsk sammanfaller med ökningen av gråsälspopulationen, även om sambandet mellan sälförekomst och parasitbelastning hos torsk bör behandlas med försiktighet.</p>

	Sälpredationens bidrag till den naturliga dödligheten hos torsk är okänt.
Svedäng 2023	Review. Under 1800-talet fanns det ett betydande fiske efter sill/strömning och torsk samtidigt som det fanns stora sälpopulationer. Minskningen av fiskbestånden, till havs eller vid kusten, har troligen inget samband med den senaste tidens ökning av sälpopulationerna.
Olin m.fl. 2024	Uttag av gädda och abborre från gråsäl och/eller storskarv, baserat på information om populationsstorlek men inte födoval, kan begränsa rovfiskars predationstryck på spigg. Om predation från gråsäl och/eller storskarv slår ut lokala populationer av rovfisk kan detta i sin tur bidra till lokala förändringar och regimskifte i ekosystemet.
Rosciszewski-Dodgson & Cirella 2024	Review. Gråsäl föredrar sill, skarpsill och sik. Predation från säl har begränsad inverkan på torsk jämfört med fiske och miljöfaktorer. Gråsäl påverkar inte fiskbeståndens dynamik.
Koemle m.fl. 2025	En studie av var kommersiella fisket bedrivs och hur det hänger samman med fiskekvoter, sportfiske och populationerna av gråsäl och storskarv. Yrkesfisket flyttade bort från områden med hög sältäthet och det fanns även ett negativt samband mellan yrkesfiske och sportfiske i områden med sportfiske efter gädda och andra rovfiskarter. Fångstförluster för yrkesfisket uppstår både genom att sälar äter fisk från näten och genom att fiskare undviker områden med många sälar och därmed riskerar att istället fiska i områden med lägre fiskförekomst.

Västerhavet

I likhet med populationerna av gråsäl och vikaresäl i Östersjön har knubbsälpopulationen i Västerhavet (Kattegatt och Skagerrak) återhämtat sig från mycket låga nivåer i slutet av 1970-talet, orsakade av intensiv jakt och miljögifter under 1900-talet (Heide-Jørgensen & Härkönen 1988; Olsen m.fl. 2010). Antalet studier som undersökt sälars påverkan på fisk i Västerhavet är dock betydligt mer begränsat än i Östersjön (tabell 1). Kunskapen om sälars födoval i Skagerrak och Kattegatt är mycket begränsad och till stor del inaktuell (Härkönen 1987; Härkönen 1988; Härkönen & Heide-Jørgensen 1991; Olsen & Bjørge 1995; Strömberg m.fl. 2012; Sørli m.fl. 2020).

Studier visar att knubbsäl har en försumbar effekt på fisk i Västerhavet och att sälars födoval huvudsakligen består av icke-kommersiella arter och storlekar av fisk samt att predationen från säl är begränsad i förhållande till fiskets uttag (Härkönen & Heide-Jørgensen 1991; Hansen & Harding 2006; Sørliie m.fl. 2020). En studie indikerar dock att situationen i Kattegatt kan ha förändrats i takt med att torskbeståndet försvagats och antalet knubbsäl ökat (ICES 2017). Av den senare studien framgår att den naturliga dödligheten hos torskbeståndet underskattas i beståndsanalyserna och att predation från knubbsäl kan utgöra en betydande del av den naturliga dödligheten. Slutsatserna var dock osäkra i och med begränsningarna i säl dietdata. Resultat från andra studier tyder på att populationen av knubbsäl i Skagerrak är utsatt för födobrist (Harding m.fl. 2018; Silva m.fl. 2021).

Tabell 2. Studier som undersökt interaktioner mellan säl och fisk och sälars påverkan på fisk i Skagerrak och Kattegatt. *Artikeln identifierades i sökningarna inför en metaanalys.

Referens	Slutsatser om säl
Härkönen & Heide-Jørgensen 1991	Bioenergetisk modellering och kvantifiering av fiskuttag som visade att knubbsälspopulationen i Skagerrak inte har någon inverkan på kommersiellt viktiga fiskbestånd. Sälarnas uttag av fisk var mindre än 1 % av fiskets fångster. Fisket kan däremot begränsa sälarnas födotillgång.
Haug & Nilssen 1995	Bristen på föda till följd av att beståndet av lodda kollapsade ledde till ökad dödlighet bland unga grönländssäl och en massförflyttning av grönländssäl till norska kusten under slutet av 1980-talet.
Hansen & Harding 2006*	Populationsmodellering som visade att predation från knubbsäl inte har någon inverkan på torskbeståndet i Skagerrak. Den uppskattade sälpredationen var liten jämfört med både de landningar som gjordes inom fisket och jämfört med minimiskattningarna av torskbeståndets storlek. Eftersom de storleksklasser av torsk som sälarna riktar in sig på har låga reproduktionsvärden kommer dessutom sälens predation att minska ytterligare på torskproduktionen. Våra analyser tyder på att knubbsäl har en försumbar påverkan på torskfisket. Sälarna kan till och med indirekt förbättra torskens överlevnad genom att livnära sig på torskkonkurrenter och andra rovfiskar.
ICES 2017	Beståndsanalys av torsk som visade att knubbsälarnas konsumtion av torsk kan ha betydelse för torskbeståndets höga naturliga dödlighet. Information om sälarnas födoval och populationsstorlek tyder på en högre naturlig dödlighet i torskbeståndet än vad som tidigare antagits i beståndsanalyserna. Knubbsälarnas

	konsumtion av torskbiomassa är betydligt större än fiskets fångster.
Harding m.fl. 2018	Knubbsälar i Skagerrak är mindre (kortare) än knubbsälar i Kattegatt, vilket kan vara ett tidigt tecken på täthetsberoende effekter, t.ex. i form av begränsade födoresurser.
Sørliie m.fl. 2020	Knubbsälar föredrar små fiskar och icke-kommersiella arter. Konsumtionen av torsk var 5 % av de årliga torsklandningarna. Konkurrensen mellan fiske och säl är begränsad.
Silva m.fl. 2021	Knubbsälspopulationen i Västerhavet riskerar att minska i storlek p.g.a. effekter av jakt, miljögifter och sjukdomar.
Olsen m.fl. 2022	Simulering av ökat antal sälar i Kattegatt minskade mängden sjöfågel, på grund av konkurrens, och ökade mängden djurplankton på grund av trofiska kaskadeffekter från sälar till pelagisk fisk till djurplankton.

Atlanten

Från Nordatlanten finns ett stort antal studier som har undersökt påverkan från säl på fisk. Frågeställningen har främst varit om sälarna, framför allt gråsäl men även grönländssäl, kan förhindra återhämtningen av de nedfiskade torskbestånden. Resultaten skiljer sig åt mellan områden, sälpopulationer och vilka analysmetoder som har använts (tabell 3, tabell 4).

Nordöstra Atlanten och Nordsjön

Förändringarna i ekosystemen i Nordöstra Atlanten och Nordsjön har likheter med förändringarna i Östersjön, Västerhavet och nordvästra Atlanten. Som en följd av långvarigt överfiske har fiskbestånden kollapsat vilket lett till storskaliga förändringar i ekosystemens strukturer och funktioner (Emeis m.fl. 2015; Blöcker m.fl. 2023). Från detta område finns det studier som visar att predation från gråsäl utgör en betydande del av den naturliga dödligheten för fiskpopulationer och att sälpredation kan kompensera för minskat fisketryck och försvåra för fiskpopulationer att återhämta sig (Cook m.fl. 2015; Cook & Trijoulet 2016; Trijoulet m.fl. 2018b). Men det finns även studier som visar att sälarnas betydelse för fiskpopulationer är begränsad (Morissette m.fl. 2009b; Boyd & Hammond 2010; Alexander m.fl. 2015; Houle m.fl. 2016; Baudron m.fl. 2019; Nilssen m.fl. 2019). I Nordsjön har en studie visat att sälpredation kan leda till minskad konkurrensen mellan de fiskar som inte äts upp, vilket kan kompensera för predationen genom ökad tillväxt hos fiskarna (Aarts m.fl. 2019).

I en rapport till EU (Boyd & Hammond 2010) poängteras vikten av att sätta uppskattningar av sälpredation i relation till predation från andra fiskätare. I skotska

vatten konsumerade tumlare, delfiner och vikvalar tillsammans ungefär lika mycket fisk som säl medan sjöfågel konsumerar det dubbla. Främst är det dock andra fiskar som äter fisk, uppskattningsvis sju gånger så stor mängd som sälarna.

Tabell 3. Studier som undersökt interaktioner mellan säl och fisk och sälars påverkan på fisk i nordöstra Atlanten och Nordsjön. *Artikeln identifierades i sökningarna inför en metaanalys.

Referens	Slutsatser om säl
Rae 1962	<p>Sälskador på fiskeredskap och fångster är små i jämförelse med skador på fiskbestånden. Den fisk som konsumeras av sälarna motsvarar 1/5 - 1/6 av den totala brittiska fångsten av alla fiskarter.</p> <p>Studien menar att, från fiskets perspektiv bör sälskyddet upphöra och sälpopulationerna hållas på nivåer som inte stör fisket.</p>
Rae 1967	<p>Studien presenterar de potentiella problemen med de växande populationerna av gråsäl och knubbsäl i Nordsjön. Eftersom sälarnas föda främst består av fisk kan man förvänta sig att fiskbestånden kommer att påverkas negativt när sälpopulationerna växer.</p> <p>Den största skadan på fiskbestånden och fisket föreslås ligga i den stora mängd fisk, av alla slag, som äts upp av sälarna. Med tanke på de stora påfrestningar som fiskbestånden i Nordsjön redan utsätts för menar studien att det är irrationellt att tillåta tillväxt av sälpopulationerna. I stället vore det lämpligt att rätta till den obalans som skapats genom människans exploatering av värdefulla fiskbestånd och bevarandet av sälpopulationerna.</p>
Harwood 1978	<p>Det finns ekonomiska skäl till att försöka minska förekomsten av gråsäl och hålla populationen på en lägre nivå.</p>
ICES 1981	<p>Gråsälspopulationen konsumerar < 2 % av den tillgängliga fiskbiomassan och < 3 % av fiskets fångster av alla arter tillsammans. Fiskredation av fisk inom och mellan olika fiskarter är en viktig faktor. Till exempel uppskattas att torsken i Nordsjön konsumerar sin egen vikt i fisk årligen.</p>
Harwood & Croxall 1988	<p>En genomgång av den information som krävs för att bedöma konkurrensen mellan säl och fiske och de metoder som finns tillgängliga för att få fram denna information.</p>
Sparholt 1990	<p>Majoriteten av den fisk som äts, äts av andra fiskar. Säl äter en mindre del.</p>
Harwood 1992	<p>Tillgänglig information om sälens utbredning och föda ger en realistisk bild av födosöksbeteendet.</p>

	<p>Det är dynamiken i samspelet mellan säl och fisk som är viktig, t.ex. hur konsumtionen av en viss fiskart kommer att variera med dess tillgänglighet för sälarna.</p>
Brown m.fl. 2001*	<p>I förhållande till fiskbeståndens storlek var knobbsälarnas uttag av fisk litet, i ett område öster om Shetlandsöarna, och den mängd torsk och kolja som sälarna åt var försumbar jämfört med fiskets landningar. Dessa uppskattningar representerar dock bara en liten del av året och 12 % av den totala knobbsälpopulationen runt Shetlandsöarna. Den totala mängden fisk som konsumeras är därför mycket högre.</p> <p>En stor andel (> 60 %) av den torsk, vitling och långa som äts av sälarna var större än minimimåttet för de olika arterna.</p> <p>Fisk som äts av sälarna är dock inte nödvändigtvis annars tillgänglig för fisket.</p>
Carter m.fl. 2001	<p>Den dödligheten för stora laxfiskar i älvmyrningar som orsakas av sälpredation var mindre än den dödlighet som orsakas av fiske i älven. Det fanns dock ingen information om förekomsten av laxfiskar i älvarna eller om reproduktionsstatusen hos den fisk som sälarna åt.</p>
Bjørge m.fl. 2002	<p>Sälens predation på fisk orsakade troligen negativa effekter på vissa fisken (fisken med nät och snurrevad) och positiva effekter på andra fisken (fiske av räka).</p> <p>Sälens predation på lokala fiskpopulationer är beroende av populationernas rörelsemönster. Kvantitativa effekter av sälpredation på fiskpopulationerna ingick inte i studien.</p>
Furness 2002	<p>Förändringar i mängden rovfisk (makrill och arter av torskfisk) kan påverka bestånden av tobis, som är ett mycket viktigt byte för sälarna i Nordsjön. Detta innebär att sälarnas födotillgång kan vara starkt beroende av förvaltningen av rovfiskbestånden.</p>
Harwood & Walton 2002	<p>Review. De uppgifter som krävs för att kunna utvärdera förslag om jakt på gråsäl i Nordsjön finns för närvarande inte tillgängliga.</p>
MacKenzie m.fl. 2002a	<p>Review. Studien sammanfattar hur variationer i fisk- och sälpopulationer i Östersjön och Skagerrak under de senaste århundradena kan ha berott på fiske, predation, jakt och miljöförändringar. Orsakerna till fluktuationerna och den relativa betydelsen av fiske, sälpredation och miljövariationer för fiskpopulationerna är oklara. För att förstå dynamiken och hur fiskpopulationer och ekosystem kommer att förändras till följd av naturliga variationer och antropogena störningar krävs tvärvetenskapliga samarbeten.</p>
Lambert 2002	<p>Review. En undersökning av historiken av sälrelaterade problem i Storbritannien under 1900-talet.</p>

	<p>Synsättet på säl har varierat över tid, men fiskeintressen har krävt en statligt subventionerad jakt sedan mitten av 1920-talet. Under 1960- och 1970-talen motarbetades och stoppades säljakten av offentliga protester och en växande internationell miljörelse.</p>
Butler m.fl. 2006	<p>Bioenergetisk modellering av effekter på lax av avlägsnande av knobbsäl i tre floder i Skottland.</p> <p>Effekten av att ta bort sälar skilde sig åt mellan floderna, från försumbar till en ökning av fångsten med 17 % under fiskesäsongen.</p> <p>Små laxbestånd och fisket under våren är mest utsatta för sälpredation.</p>
Hammond & Grellier 2006	<p>Studien konstaterar markanta förändringar i gråsälens födoval i Nordsjön mellan 1985 och 2002.</p> <p>År 1985 var sälarnas konsumtion av fisk < 1 % av beståndsstorleken, för alla fiskarter. År 2002 var konsumtionen > 1 % - för torsk (3,7 %), tobis (2,7 %) och rödspätta (1,5 %).</p> <p>Studien rekommenderar utveckling av en modell för analys av sälars interaktion med fisk för att svara på frågor som:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kan gråsälarna begränsa torskbeståndens återhämtning? • Kan minskningar i fiskbestånden påverka gråsälarnas populationsutveckling?
Hammond & Harris 2006	<p>Gråsälens predation på torskbeståndet väster om Skottland är betydande.</p>
Middlemas m.fl. 2006	<p>Förekomst och födoval hos knobbsäl i ett flodsystem berodde på tillgången på lax i området.</p>
Pope & Holmes 2008	<p>Den uppskattade gråsälkonsumtionen av torsk 2002 var jämförbar med ICES uppskattning av torskens biomassa det året.</p> <p>I den nuvarande bedömningen av torskbeståndet ingår inte sälpredation som en egen faktor. För att göra det krävs en modell som tar hänsyn till förändringar i sälarnas predation på torsk. Det finns dock inte tillräckligt med data för att kunna uppskatta den naturliga dödligheten.</p> <p>Uppgifter om sälens föda är endast tillgängliga för två år (1985 och 2002). Därför krävs enklare predationsmodeller. I denna studie presenteras, och jämförs, två tillvägagångssätt som är anpassade till den data som finns tillgänglig. Båda metoderna ger historiska bedömningar med ökad</p>

	torskbiomassa jämfört med en bedömning som utelämnar sälpredation och ger liknande trender över tid.
Morissette m.fl. 2009b	Trots att knobbsälarna i en fjord ökade fanns det fortfarande gott om torsk, och ekosystemets struktur förändrades inte i riktning mot en ny säldominerad jämvikt. Detta kan bero på motståndskraften i fjordens komplexa ekosystemstruktur, eller på att en sådan omställning tar längre tid.
Sharples m.fl. 2009*	Populationerna av knobbsäl i norra och östra Storbritannien har minskat med upp till 40 % sedan 2000. Knobbsälarna är beroende av tobisfiskar och fisket kan ha en negativ inverkan på sälpopulationen. Knobbsälarnas predation kan påverka lokala laxpopulationer, men den stora osäkerheten i uppskattningarna av sälarnas födoval och laxpopulationernas storlek innebär att inga förvaltningsråd kan ges.
Boyd & Hammond 2010	Review. Sälarnas födoval överlappar det kommersiella fisket, men sälarnas predation är mycket lägre än fiskets uttag. Inte ens en stor minskning av antalet sälar i skotska vatten skulle ha någon märkbar inverkan på framgången för demersala eller pelagiska fiskare.
Härkönen 2010	Review. Komplexiteten och variationerna i marina födovävar gör det svårt att bedöma sälarnas påverkan på fiskpopulationer. Det är osannolikt att sälar har någon betydande inverkan på fiskpopulationer i komplexa marina ekosystem. Sälars effekter på fiskpopulationer är obetydliga i oceaniska system men kan under vissa omständigheter vara mätbara på kustnära fisken.
Butler m.fl. 2011	Uppfattningar om och kostnader för sälens påverkan på laxfisket i Moray Firth, Skottland och implikationer för adaptiv samförvaltning av säl-fiskekonflikter. De berörda parter som deltog i studien ansåg att sälar har en betydande inverkan på fisk och fiske, och att det är alla sälar och inte enstaka problemsälar som är orsakar problemen.
Holmes & Fryer 2011	Beräkningar av torskens lekbiomassa i modeller som inkluderar sälpredation är betydligt större (> de övre konfidensintervallen) än resultaten från motsvarande modell utan sälpredation. Störst osäkerhet råder kring sälarnas födoval. Sälar kan förväntas ha en betydande negativ effekt när det gäller återhämtningen av de lokala torskbestånden. Det finns dock inte tillräckligt med data för att dra några definitiva slutsatser.

ICES 2013	Sälpredation bidrar sannolikt till den totala torskdödligheten väster om Skottland och kan försvåra torskbeståndets återhämtning. Data om sälpredation är dock begränsade och otillräckliga för en tillförlitlig uppskattning av predationsdödligheten.
Rindorf m.fl. 2013	Rapport från ICES/NCM om "A Framework for Multispecies Assessment and Management" som diskuterar den naturliga dödligheten. Predation från gråsäl, tillsammans med andra predatorer, utkast och orapporterade landningar, skulle kunna bidra till den stora okända källan till dödlighet som drabbar torsk och till att torskbeståndet inte återhämtar sig trots att den uppskattade fiskeridödligheten minskat.
Cronin m.fl. 2014	Review. Sälarnas interaktioner med det kommersiella fisket i Irland är mest betydelsefullt inom kustfisket och har ökat efter förbudet mot drivgarn 2006, vilket tyder på att sälarna har bytt från att interagera med laxfisket till annat fiske.
Engelhard m.fl. 2014	Jämfört med fiske och fiskätande fiskar har säl och sjöfåglar en liten inverkan på pelagiska fiskarter.
Smout m.fl. 2014	Födoalet hos säl skulle kunna ge information om mängden och fördelningen av bytesdjur i områden som inte omfattas av fiske och forskningsundersökningar.
Alexander m.fl. 2015	Modelleringsresultaten tyder inte på att gråsälpopulationens ökning har lett till att bestånden av torskfisk har minskat under de senaste åren. Även när predationen från gråsäl togs bort helt förutspådde modellen en minskning av torskens biomassa.
Cook m.fl. 2015*	Den bäst passande modellen tyder på att fiskeridödligheten för torsk minskade kraftigt från 1985 till 2005, men att den har ersatts av ökad dödlighet till följd av sälpredation på ett mindre torskbestånd. Med tanke på den totala dödligheten är det osannolikt att beståndet kommer att återhämta sig även om fisket för närvarande är begränsat.
Cook & Trijoulet 2016*	Den potentiella återhämtningen av det utfiskade torskbeståndet är känslig för relativt små ökningar av antingen fiske eller predation från säl. Vid låga beståndsstorlekar och hög fiskeridödlighet pekar modellerna på en långsammare återhämtning, men det motsatta gäller vid låg fiskeridödlighet.
Hammond & Wilson 2016	Gråsälarnas konsumtion av fisk i Nordsjön beräknades vara liten. Den högsta siffran gäller torsk (5 % av den uppskattade beståndsstorleken år 2010).

	<p>Väster om Skottland var gråsälarnas beräknade konsumtion betydligt större, av torsk (> 100 %) och vitling (10 %). Dessa siffror ökar till > 200 % för torsk och ca 50% för vitling om även predation från knubbsäl inkluderas.</p> <p>Det faktum att torsken väster om Skottland bara delvis ingår i beståndsanalysen för torskbeståndet, och att det inte finns något överlapp mellan fiskeområdet och det område där sälerna födosöker kan vara en förklaring till varför den uppskattade sälpredationen kan vara så stor i förhållande till det bedömda beståndets storlek.</p>
Houle m.fl. 2016	<p>Ökat fisketryck minskade lekbiomassan för fisk sydväst om Irland mycket mer än en likvärdig ökning av sälpredationen. För de flesta fiskarter visade en fyrdubbel sälpredation på små effekter på den förutspådda fiskefångsten.</p> <p>Predation från säl påverkade inte lekbiomassan nämnvärt för någon av de arter som utgör 90 % av de totala landningarna inom fisket.</p> <p>Det är osannolikt att sälarnas predation kommer att påverka det kommersiella fisket. Denna slutsats skiljer sig från vissa modellbaserade studier av andra nordatlantiska system, vilket visar på behovet av ekosystemspecifika studier.</p> <p>I system med småöverlapp mellan sälpredation och fiske är de i praktiken i stort sett frikopplade, vilket gör att fisketrycket är den avgörande faktorn för fiskbestånden.</p>
Vincent m.fl. 2016	<p>Studien uppskattade att gråsälarna väster om Frankrike konsumerade cirka 115 ton fisk per år under studieperioden (1999-2003). Den största källan till osäkerhet i beräkningarna var antalet sälar. Konsumtionen av fisk bestod av ca 14 ton havsabborre, 4 ton lyrtorsk och 3 ton tunga, vilket motsvarar ca 16, 2 och 5 % av landningarna i samma område.</p>
Serpetti m.fl. 2017	<p>En ekosystemmodell för västra Skottland som förutsåg att pågående klimatförändringar har en negativ effekt på gråsäl, torsk, sill och kolja men en positiv effekt på vitling.</p> <p>Vitling är mer tolerant mot varmare vatten och är både ett byte för gråsäl och en konkurrent till torsk. Stigande temperaturer ledde till en kraftig ökning av vitling, vilket tyder på en möjlig förändring i vilka fiskarter som kommer att fiskas i framtiden. Resultaten belyser vikten av att inkludera miljöförändringar i en ekosystembaserade fiskeriförvaltning.</p>
Trijoulet m.fl. 2018b	<p>Gråsälspredationen på torsk var hög (men lägre för kolja och vitling), vilket ledde till att den totala naturliga dödligheten beräknades vara högre än den som används i ICES nuvarande bedömningar.</p>

	<p>Sälarna äter mindre storlekar av torsk än de som fisket fångar, vilket leder till ”sekventiell” konkurrens.</p> <p>Endast två års data från sälarnas födoval ingick i analyserna, vilket innebär att uppskattningarna av predationsdödligheten från säl är osäkra.</p>
Aarts m.fl. 2019	<p>Resultaten tyder på att knobbsäl har betydande <i>top-down</i> effekter på bottenlevande fisk. Sälpredation kan dock också minska den täthetsberoende konkurrensen mellan de återstående fiskarna vilket möjliggör ökad tillväxt som delvis kan kompensera för minskningen av antalet fiskar. Det fanns stora källor till osäkerhet i den uppskattade effekten av säl på fisk, inklusive information om hur fiskpopulationerna rör sig mellan områden.</p>
Baudron m.fl. 2019	<p>Gråsälspredation hade liten påverkan på fiskbestånden totalt sett, men påverkade tidpunkten för torskens och vitlingens återhämtning. Skydds jakt på gråsäl hade ingen effekt på hur snabbt de utarmade bestånden återhämtade sig över B_{pa}: torsk och vitling nådde tröskelvärde 2021 och tidigast 2024, oavsett jakttryck.</p> <p>Simulering av jakt på gråsäl hade dock en effekt på hur snabbt de nedfiskade bestånden återhämtade sig över B_{pa}. Torsken nådde tröskelvärde 2022 med en avskjutning av säl på 10 %, ett år tidigare än med en avskjutning på 5 % eller ingen jakt. Däremot verkade återhämtningen av vitling över B_{pa} ske långsammare med än utan jakt. Tröskelvärde uppnås 2027 utan jakt, 2028 med 5 % reduktion av sälbeståndet och 2029 med 10 % reduktion av sälbeståndet.</p> <p>Av de 35 scenarierna uppnås återhämtningen av både torsk och vitling när det högsta F i de undersökta intervallen tillämpades på torsk (F=0,25) och sej (F=0,42), och lägsta möjliga F (0,05) tillämpat till både vuxen och juvenil vitling.</p> <p>Återhämtning uppnås däremot med alla möjliga F-värden inom det undersökta intervallet för marulk och gråsäl, vilket tyder på att dessa två toppredatorer inte förhindrar torsk- och vitlingbestånden att återhämta sig, även om predationen från gråsäl hade en liten inverkan på tidpunkten då B_{pa} uppnåddes för dessa två bestånd, enligt beskrivningen ovan.</p> <p>Detta indikerar att predation från gråsäl inte hindrar bestånden från att återhämta sig, men att det har en påverkan, om än liten, på näringsvävens struktur och den biologisk mångfalden i ekosystemet.</p>

Nilssen m.fl. 2019	Gråsälens konsumtion av kommersiellt viktig fisk är försumbar jämfört med fiskefångsterna i Norge.
Pope m.fl. 2019	Jämförelse mellan olika flerartsmodeller för Nordsjön och Östersjön. Sälar var inkluderade i flera av modellerna men inga detaljer om sälars inverkan på fiskbestånd presenteras.
ICES 2021	<p>Den naturliga dödligheten hos 3-årig torsk i Nordsjön har ökat som en följd av ökningen av gråsäl.</p> <p>Den naturliga dödligheten hos nollårig (nyrekryterad) torsk och vitling har ökat som en följd av ökningen av knot (<i>Eutrigla gurnardus</i>).</p> <p>De två bestånden av tobis verkar påverkas av olika predatorer. Det nordliga beståndet påverkas av torsk, makrill, vitling, gråsej, sjöfågel och på senare år gråsäl, medan det sydliga beståndet påverkas av knot, makrill, vitling och sjöfågel.</p>
Skern-Mauritzen m.fl. 2022	<p>Beräkningar av marina däggdjurspopulationers konsumtion av bytesdjur i nordöstra Atlanten (Islandshavet, Norska havet, Grönlandshavet) och Barents hav.</p> <p>De viktigaste bytesarterna för de vanligaste sälarterna var kräftdjur (amfipoder) och polartorsk (<i>Boreogadus saida</i>).</p> <p>Gråsäl och knobbsäl, som är beroende av viloplatsar på land, skiljer från andra mer rörliga marina däggdjur i regionen. På havsområdesnivå förekommer dessa kustnära sälart i låga antal och bidrar i liten utsträckning till de marina däggdjurens totala konsumtion i regionen. Även på mer lokal nivå tyder vetenskapliga studier på att konsumtionen av gråsäl och knobbsäl i allmänhet är försumbar i förhållande till fisket, utom i närheten av sälkolonier.</p> <p>Resultaten visar på tydliga förändringar i de marina däggdjurens konsumtion jämfört med tidigare studier, vilket sannolikt speglar både populationsökningar och fysiska och biologiska förändringar i ekosystemen. Förändringar i utbredning och abundans av marina däggdjur bör beaktas i förvaltningen för att säkerställa en effektiv och relevant förvaltning av fiske och bevarande av toppredatorer i ekosystem under snabba förändringar. Klimatförändringar och ekologiska interaktioner kan, under vissa omständigheter, orsaka omfattande förändringar i marina ekosystem på alla trofiska nivåer, från plankton via fisk till marina däggdjur.</p> <p>Studien visar att potentialen för direkt konkurrens mellan marina däggdjur och fiske är störst i Norska havet och</p>

	<p>Grönlandshavet, och svagast i Barents hav. Det större trofiska överlappet mellan däggdjur och fiske i Norska havet och Grönlandshavet förklaras med att detta ekosystem är enklare med färre interaktioner, och att både fiske och marina däggdjur är inriktade på samma storleksintervall av små pelagiska fiskarter, till exempel sill.</p> <p>Studien kunde dock inte dra några säkra slutsatser om direkt konkurrens mellan fiske och marina däggdjur. De flesta arterna av marina däggdjur i regionen är generalister i sina födoval, och de som har mer specialiserade dieter (olika valarter) äter främst djurplankton eller bläckfiskar som inte är exploatering av fisket i större omfattning.</p> <p>Marina däggdjur spelar en viktig roll som konsumenter i de ekosystem som undersöks i denna studie och bör därför inkluderas i fiskeriförvaltningsstrategier. Även fisket är inriktat på arter som är en integrerad del av det ekologiska samspelet. Dynamiken mellan marina däggdjur och fiske i födoväven är därför beroende av en kombination av direkta och indirekta interaktioner med många möjliga kopplingar.</p> <p>Förbättrad information om marina däggdjurs förekomst, utbredning och födoval samt förståelse för energibehov och samspel mellan arter kan bidra till utveckling och genomförande av en ekosystembaserad förvaltning. För att uppnå detta krävs regelbunden övervakning av de marina däggdjurens förekomst och utbredning, tillsammans med riktade studier av diet och direkta interaktioner mellan marina däggdjur och andra ekosystemkomponenter, inklusive fiske.</p>
ICES 2024	Uppdatering av uppgifter om gråsälens födoval som ska ingå i uppskattningen av naturlig dödlighet i bedömningarna av fiskbestånden.
Wright m.fl. 2024	<p>Predation betraktas som den dominerande faktorn till naturlig dödlighet hos torsk under de första levnadsåren. I Nordsjön anses predation från sill, knot och torsk (kannibalism) på torskens tidiga levnadsstadier som en viktig faktor för torskens rekrytering. Predation från vitling kan också vara viktig och kan orsaka lokal utrotning av nyrekryterad torsk (0-grupp).</p> <p>Predationen på 0-årig torsk, främst från knot, ökade mellan 1990 och 2018. Predationen på 2-3-årig torsk ökade mellan 2000 och 2005. Gråsäl dominerade predationen på torsk ≥ 3 år.</p>

	<p>Tobis dominerar sälarnas föda i Nordsjön, men även 1-3-årig torsk är ett vanligt byte. I torskbeståndet väster om Skottland är gråsälens predation betydande, vilket kan försämra torskbeståndets förmåga att återhämta sig.</p> <p>Tidigare modelleringsmetoder baserades dock på felaktiga antaganden om de rumsliga fördelningarna av säl och torsk och kan ha gett irrelevanta resultat om sälpredationens inverkan på torskpopulationen (Cook & Trijoulet 2016; Trijoulet m.fl. 2018b). De tidigare studierna utgick från att torskbeståndet väster om Skottland är en väl blandad population, vilket inte verkar stämma överens med befintlig information om att det i själva verket består av ett antal olika populationer med olika levnadsområden och rörelsemönster. Sälarnas födosöksområden utgörs dessutom främst av kustnära områden, som är olämpliga för trålning, medan det huvudsakliga yrkesfisket efter torsk sker längre ut till havs.</p>
--	--

Nordvästra Atlanten

Torskbeståndens status i nordvästra Atlanten försämrades drastiskt under 1980-1990-talet på grund av långvarigt överfiske (Myers m.fl. 1996). Ekosystemen har genomgått omfattande förändringar i form av trofiska kaskader, och har bland annat förändrats från dominans av bottenlevande fisk (t.ex. torsk och kolja) till dominans av pelagisk fisk (t.ex. tobis, sill och lodda) (Choi m.fl. 2004; Frank m.fl. 2005). Samtidigt ökade populationerna av säl (framför allt gråsäl och grönländssäl) och evertebrater (räkor och krabbor) (Shelton & Lilly 2000; Bundy 2005). Ett flerårigt fiskestopp innebar att fiskeridödligheten minskade, men ersattes i hög grad av predation. Sälpopulationerna ökade i storlek och i egenskap av toppredatorer fyllde de till stora delar de tomrum (nischer) som uppstod efter att fisket upphört och större rovfiskar var utfiskade. När mängden stor torsk (m.fl. arter) minskade, minskade även predationen på deras bytesarter. Som en följd ökade populationerna av krabbor och räkor. Även olika arter av pelagisk fisk ökade, som i sin tur både kan konkurrera med yngre torskar och äta tidiga livsstadier av torsk (Choi m.fl. 2004; Frank m.fl. 2005; Frank m.fl. 2011). Trots tre decennier av kraftigt minskad fiskeridödlighet har de kollapsade torskbestånden i nordvästra Atlanten inte återhämtat sig. Detta tyder på att andra faktorer än fiske kan reglera tillväxten av nedfiskade fiskpopulationer och försvåra eller rent av förhindra deras återhämtning. Som en följd av att sälarna ökat i antal efter att torskbestånden fiskats ut riskerar predation från säl att ha större inverkan, och i takt med att populationerna av pelagiska fiskarter ökat har konkurrensen mellan pelagisk fisk och yngre torsk ökat. Samtidigt har stora djurplankton som är viktiga byten både för yngre torskar och pelagiska fiskar minskat. Detta kan vara ett resultat av en trofisk kaskad, där

pelagisk fisk ökat på grund av minskad *top-down* kontroll från torsk vilket i sin tur har lett till minskad mängd stora djurplankton.

Torskbestånden visade visserligen snabbt tecken på återhämtning när fisketrycket minskade på 1970-talet, men inte efter att fisket stängdes helt på 1990-talet. Orsakerna till detta är fortfarande dåligt kända. Många olika variabler har förändrats i ekosystemen över tid, bland annat fiskemetoder, torskens åldersstruktur, förekomsten av predatorer och havstemperaturen. Torskens biomassa har minskat ytterligare sedan början av 1990-talet, medan biomassan för deras konkurrenter och predatorer fortfarande är hög. Det nuvarande tillståndet, med gott om pelagisk fisk och säl, försvårar förmodligen för tidiga livsstadier av torsk att överleva. Mindre torsk är i dålig kondition, predationsdödligheten är hög och konkurrensen om byten har ökat. Bland de torsk som överlever till vuxen ålder (≥ 4 år) är dödligheten hög (Bundy & Fanning 2005). För att torskpopulationerna ska öka måste dödligheten minska och produktionen öka. Men för att detta ska kunna ske måste torskpopulationerna först öka (moment 22).

Den allmänna uppfattningen är att sälarna inte orsakade torskbeståndens kollaps under 1980- och 1990 talet (Hutchings 1996; Mohn & Bowen 1996; Myers m.fl. 1996; Myers m.fl. 1997; Halliday & Pinhorn 2009; Gazit m.fl. 2013), även om en del studier faktiskt menar att sälpredation kunde ha bidragit till beståndskrascherna (Atkinson & Bennett 1994; Sinclair m.fl. 1997). Sälarnas betydelse för återhämtningen av de kollapsade fiskbestånden, bland annat torsk, är dock en angelägen fråga. Slutsatser om sälpopulationernas betydelse för utvecklingen av fiskbestånden i nordvästra Atlanten skiljer åt sig mellan studier. Trots att det finns sex olika arter av säl i området och trots att populationen av grönländssäl är betydligt större än gråsälpopulationen har majoriteten av studierna fokuserat just på gråsäl och artens eventuella betydelse för fiskbeståndens återhämtning. Det finns studier i nordvästra Atlanten som konstaterar att gråsäl inte försvårar för de svaga fiskbestånden (framför allt torsk) att återhämta sig och att predation från säl inte bidrar signifikant till den naturliga dödligheten i fiskbestånden (Mohn & Bowen 1996; Fu m.fl. 2001; Bundy & Fanning 2005; Trzcinski m.fl. 2006; Trzcinski m.fl. 2009; Kerr m.fl. 2022). Men det finns också studier som istället konstaterar att predation från gråsäl är av signifikant betydelse och att predationen även kan försvåra för svaga fiskbestånd att återhämta sig (Chouinard m.fl. 2005; Lilly m.fl. 2008; Swain & Chouinard 2008; Hammill m.fl. 2010; Benoit m.fl. 2011; O'Boyle & Sinclair 2012; Bousquet m.fl. 2014; Hammill m.fl. 2014; Sinclair m.fl. 2015; Swain m.fl. 2015b; Neuenhoff m.fl. 2018; Swain m.fl. 2019a; Swain m.fl. 2019b). Det framgår att resultaten om sälars påverkan kan skilja sig åt mellan olika torskbestånd i Nordvästatlanten (Bundy m.fl. 2009; DFO 2011), samt att resultaten från enskilda

studier kan skilja sig åt beroende på vilka modeller som använts och vilka antaganden som gjorts

Vilka roller sälpopulationerna, framför allt gråsäl, har för fiskbeståndens återhämtning i nordvästra Atlanten är något som både studerats och debatterats under en längre tid. Framför allt hur stor del av den naturliga dödligheten i torskbeståndet, i synnerhet för vuxen torsk (≥ 5 år), som kan förklaras av sälpredation. Ett av problemen i hypotesen att predation från gråsäl utgör en stor del av den naturliga dödligheten för vuxen torsk var under lång tid att hypotesen inte alls hade stöd i resultaten från de dietundersökningar som gjorts, som istället visade att torsk inte var en stor del av dieten och att de sälar som åt torsk föredrog mindre fiskar (< 30 cm) (Bowen m.fl., 1993; Bowen & Harrison, 1994; Hammill & Stenson 2000; Hammill m.fl., 2007).

Trots att direkta bevis från dietstudier saknades föreslogs sälpredation på stor torsk ändå kunna vara en viktig orsak till den höga dödligheten för vuxen torsk. Den förklaring som föreslogs var att det kunde vara vanligt att sälarna bara åt delar, t.ex. levern, av torskarna så att inga synligt identifierbara bytesrester hittas i dietproverna (Chouinard m.fl. 2005; Caskenette & Crawford 2008; DFO 2008; DFO 2009; Hammill m.fl. 2010; Benoit m.fl. 2011; DFO 2011; Swain m.fl. 2011; O'Boyle & Sinclair 2012; Neuenhoff m.fl. 2018). Att sälar ibland bara äter delar, och t.ex. ratar huvuden, från större fiskar som torsk har påvisats i fall där sälar äter av fångster i fiskeredskap (Moore 2003; Glemarec m.fl. 2024). I sådana fall anses dock inte sälpredationen ha någon inverkan på fiskpopulationen, eftersom predationen är riktad mot fiskar som redan fångats av fisket. Omfattningen av ofullständig konsumtion av frisimmande fiskar i deras naturliga habitat är dock okänd, även om det finns dokumenterat för vissa sälarter under vissa förhållanden (Roffe & Mate 1984; Lilly & Murphy 2004; Hauser m.fl. 2008; Phillips & Harvey 2009). Om detta skulle visa sig vara ett vanligt förekommande beteende i sälpopulationen, t.ex. i samband med predation på torsk, finns en risk att andelen och storleksfördelningen av torsk i dieten underskattas, och därmed också predationens inverkan på torskbeståndet. Även om vissa studier antyder att mängden torsk kan ha underskattats på grund av ett utbrett beteende att bara äta delar av bytesdjuren tyder faktiska dietstudier snarare på motsatsen, d.v.s. att mängden torsk kan ha överskattats. Att andelen torsk skulle underskattas i dieten som en följd av ett sådant beteende saknar stöd i de resultat som erhållits från analyser av sälarnas födoval med alternativa metoder. Genom att analysera fettsyrasammansättningen i sälarnas späck eller DNA-rester i prover från mag-tarmkanalen är det möjligt att få en bild av vilka byten som sälarna ätit oberoende av om sälarna ätit hela fiskar eller bara delar av fiskar som inte lämnar några synligt identifierbara rester. Resultat från analys av fettsyrasammansättningen visade att den beräknade viktandelen torsk i dieten hos

gråsäl i nordvästra Atlanten var lägre än vad resultaten från traditionell dietanalys visade (Beck m.fl. 2007). Inte heller resultat från DNA-analys av bytesrester antyder att det skulle vara vanligt att sälar bara äter delar av fiskar, och inga synligt identifierbara bytesrester (DFO 2011). Däremot finns en risk att andelen torsk i dieten överskattas i studierna som bygger på traditionell okulär analys av synliga bytesrester. Torsk har förhållandevis stora och kraftiga otoliter som är motståndskraftiga mot de nedbrytningsprocesser som pågår i sälarnas mag-tarmsystem och kan stanna kvar i magarna under längre tid och ansamlas, medan otoliter från pelagiska arter är små och mer känsliga för nedbrytning och därför försvinner i betydligt större omfattning (Jobling & Breiby 1986; Tollit m.fl. 1997b; Bowen 2000; Grellier & Hammond 2006). Som en följd av detta kommer betydelsen av torsk att överskattas medan betydelsen av andra fiskarter med mindre otoliter, som lodda, kommer att underskattas, något som stöds av resultaten från DNA-analys.

Att torsk faktiskt kan utgöra en större del av dieten och att gråsäl även väljer torsk större än 30 cm konstaterades dock i en senare studie där dietprover från områden där torsk ansamlas under vintern analyserades. Resultaten visade att andelen torsk i dieten varierade mellan 9 % och 68 %, beroende på delområde, kön och provtyp (mage eller tarm) samt att medellängden på torsk i dieten varierade mellan 28 och 39 cm (Hammill m.fl. 2014). Torsk verkade alltså kunna utgöra en större del av dieten, och bestå av större individer, än vad som tidigare påvisats. Åtminstone i vissa områden under vissa perioder.

I framför allt Kanada har sälarnas betydelse för torskbeståndens återhämtning diskuterats och debatterats flitigt under en längre tid. Bland annat har finansieringen och frågeställningarna kritiserats för att vara påverkade av fiske- och säljaksindustrins intressen och haft oproportionerligt stort fokus på gråsäl och torsk. Med tanke på ekosystemens komplexitet och de storskaliga förändringarna som skett i ekosystems strukturer beskylls finansieringen och frågeställningarna av undersökningar som studerar gråsälpopulationens inverkan på fiskbeståndens återhämtning gjorde att andra hypoteser om varför fiskbestånden inte återhämtade sig varken blev undersökta i samma omfattning eller fick samma uppmärksamhet som hypotesen om predation från gråsäl, på vuxen torsk, (Pannozzo 2013). Flera av de rapporter som tagits fram på initiativ av industrin har inkomstbringande fiske och säljakt samt levande kustsamhällen som målsättning (CBCL Limited 2009; Standing Senate Committee on Fisheries and Oceans 2012; Atlantic Seal Science Task Team 2022; Standing Committee on Fisheries and Oceans 2023; Standing Senate Committee on Fisheries and Oceans 2024). De slutsatser om sälars påverkan på fisk och de rekommendationer om omfattande säljakt som föreslagits har dock kritiserats av vetenskaplig expertis (Whitehead m.fl. 2012; Bowen 2023).

Fortfarande, efter åtskilliga studier under flera decennier konstaterar den senast publicerade studien att kunskapsläget är begränsat: ”Increased sampling of seal diets and monitoring of emerging seal colonies is necessary for reducing uncertainties around seal predation effects in the Northwest Atlantic” (Rossi m.fl. 2024).

Tabell 4. Studier som undersökt interaktioner mellan säl och fisk och sälars påverkan på fisk i nordvästra Atlanten. *Artikeln identifierades i sökningarna inför en metaanalys.

Referens	Slutsatser om säl
Malouf 1986	<p>Studien ställer sig frågan vilken effekt sälpredation har på fiskets fångster och hur dessa effekter kommer att förändras om storleken på sälpopulationen förändras.</p> <p>De problem som uppstår är mycket komplexa, och även i en idealisk situation där man vet exakt hur många fiskar av varje kön i varje ålder som finns i beståndet och hur många som äts upp av sälarna, skulle det fortfarande vara omöjligt att uppnå exakta resultat om man inte också visste vad fisket fångade, hur fisket skulle reagera på en förändring i mängden fisk och hur rekryteringen av ungfisk till beståndet skulle påverkas av sådana förändringar.</p> <p>Framför allt är det brist på kunskap om mängden, storleken och ålderssammansättningen hos den fisk som konsumeras av sälarna som mest försvårar försöken att bedöma effekterna av sälpredation.</p> <p>Om en fisk som kanske skulle ha ätits upp av en säl inte blir uppäten, kanske på grund av att sälen skjutits, kommer fisken ändå att dö till slut. Den kan dö av naturliga orsaker, såsom ålder, sjukdom eller att den blir uppäten av en annan predator, eller så kan den fångas av en fiskare.</p> <p>Effekten av sälpredation på kommersiella fiskbestånd och fångster är svår att direkt påvisa, men många av skattningarna av sälarnas predation är av samma storleksordning som fiskets fångster</p> <p>Sälarna, som är opportunisterna i sina födoval, har mindre tendens än fisket att pressa ned fiskarter till låga nivåer.</p> <p>Även om det finns belegg för att sälarna kan ha en effekt på fiskbestånd och fiske saknas stöd för att en förändring i antalet sälarna har haft en mätbar effekt på fiskets fångster.</p>
Harris 1990	Review. Studien lyfter behovet av att undersöka om det är tillräckligt med ökad sälpredation för att påverka den

	<p>naturliga dödligheten för torsk, eller om sälpredation på andra fiskarter (lodda) kan påverka torskbeståndets tillväxt.</p> <p>Sälarna är bara en del av ett större ekologiskt sammanhang. Bättre vetenskaplig rådgivning skulle kunna utvecklas om man i högre grad förstod förhållandet mellan predatorer och bytesdjur och konkurrensen mellan arter, d.v.s. om det fanns en lämplig strategi för en flerartsförvaltning av fisket. Även om en flerartsstrategi ännu inte är ett praktiskt övervägande, kan man inte bortse från det faktum att en stor fluktuation i antalet av vissa rovdjurs- eller bytesarter måste leda till anpassningar någon annanstans i ekosystemet.</p>
Kellert 1991	<p>Undersökning av allmänhetens uppfattningar om förvaltningen av marina däggdjur i Kanada.</p> <p>De flesta som svarade uttryckte oro över konflikterna mellan marina däggdjur och fiske. Kunskaperna om grundläggande biologi var påfallande bristfälliga och varierade mellan de svarande grupperna: säljägare hade störst kunskap, fiskare låg på mellannivå medan allmänheten hade lägst kunskap.</p> <p>Allmänheten, säljägare och fiskare hade mycket olika åsikter när det gällde prioritering av mål för fiskeindustrin. Säljägare och fiskare tyckte att sysselsättning, kultur och ekonomi var viktigast, medan allmänheten tyckte att ekologiska och etiska frågor var viktigare. Alla grupper var överens om att de största hoten mot fisket var andra länders fiske, föroreningar och överfiske. Konkurrens från marina däggdjur bedömdes inte vara något allvarligt hot.</p> <p>Till skillnad från säljägare och fiskare ifrågasatte allmänheten tanken på att offra marina däggdjurs behov till förmån för fisket. Allmänheten tyckte även att det var viktigt att inkludera fiskets inverkan på marina däggdjur i samband med bestämning av fiskekvoter, och att det var viktigt att gynna de marina däggdjurens intressen framför fiskets intressen.</p> <p>Mer än 90 % av alla svarande angav ett starkt stöd för sälars existensberättigande.</p>
Overholtz m.fl. 1991	<p>Fiskätande fiskar äter den största andelen av den totala pelagiska biomassan som konsumeras. Följt av marina däggdjur. Inklusivt säl (1 % av konsumtionen) och sjöfåglar.</p>
Demaster & Sisson 1992	<p>Det är osannolikt att information om olika predatorers födoval (inklusive fiske), populationsparametrar för säl och hur fiskefångsterna påverkas av minskade sälbestånd någonsin kommer att vara känt med rimlig säkerhet.</p>

	<p>Statistiskt utformade experiment där man reducerar sälpredation kan vara den enda metoden för att förstå följderna av skyddsjakt. Resultaten kan dock inte generaliseras från ett sådant experiment till andra områden, arter eller fisken.</p>
Anon 1993	<p>Tillgängliga vetenskapliga rön tyder på att en minskning av populationen av grönländssäl inte kommer att ge mätbara fördelar för det kommersiella fisket.</p>
Atkinson & Bennett 1994	<p>Sälpredation är en möjlig förklaring till torskbeståndets kollaps.</p> <p>Mot bakgrund av den information som finns tillgänglig ökade sälarnas predation på torsk troligen under början av 1990-talet, men omfattningen av denna ökning kunde inte fastställas.</p> <p>Det saknas viktiga uppgifter om sälens födoval i utsjön och utökad provtagning skulle behövas. Även om sälarna inte direkt konsumerade torsk är det möjligt att de orsakade högre dödlighet hos torsk genom att stressa dem.</p>
Hammill & Mohn 1994	<p>En stor del av gråsälarnas torskkonsumtion består av individer < 30 cm. Även om sälar äter stora mängder torsk, vilket innebär en potentiell förlust för fisket, är det troligt att effekten på torskbeståndet minskas på grund av kompensatoriska mekanismer.</p> <p>Uppskattningar av hur mycket torsk sälarna äter anses vara preliminära eftersom den säsongsmässiga och geografiska täckningen av dietprover, samt kunskapen om sälarnas utbredning, är begränsad.</p> <p>Att försöka bedöma sälarnas inverkan på torskbestånden ingick inte i studien.</p>
Mohn & Bowen 1994	<p>Inkludering av predation från gråsäl har betydande inverkan på resultat från beståndsanalyser av torskbeståndet.</p>
Mohn & Bowen 1996*	<p>Den uppskattade gråsälspredationen på torsk påverkades av antaganden om sälarnas funktionella respons. Om en konstant andel torsk antas uppskattas > 2 gånger högre konsumtion, jämfört med antagandet att andelen torsk i dieten är proportionell mot mängden torsk i havet.</p> <p>Gråsälspredationen utgjorde < 20 procent av fiskets fångster fram till dess att fisket stängdes 1993. Detta tyder på att sälarna inte var en viktig faktor för torskbeståndets kollaps.</p> <p>Effekten av sälpredation beror också på i vilken utsträckning mortaliteten är additiv eller kompenseras av en minskning av andra källor till naturlig dödlighet. Kunskapen om hur olika</p>

	<p>komponenter i den naturliga dödligheten beror på varandra är mycket begränsad.</p> <p>Modellen begränsas av kunskapsbrist om andra fiskätares predation på torsk, och förekomsten och dynamiken hos andra bytesarter.</p>
Myers m.fl. 1997	<p>Sälarna (grönlandssäl, gråsäl, blåssäl) orsakade inte att torskbestånden kollapsade.</p> <p>De olika sälpopulationerna i området äter mindre (och yngre) torskar, < 3 år, och även om sälarna kan ha påverkat överlevnaden för yngre torsk orsakade de uppenbarligen inte torskbeståndens kollaps eftersom rekryteringen vid 3 års ålder inte var under det normala.</p>
Sinclair m.fl. 1997	<p>En kombination av dåliga miljöförhållanden och ökad naturlig dödlighet, delvis på grund av sälpredation, bidrog till minskningen av torskbeståndet.</p>
Shelton & Healey 1999	<p>Att torskbeståndets förväntade återhämtning uteblev trots begränsningar i fisket ledde till att man övervägde alternativa förklaringar. Exempelvis täthetsberoende depensation (se sid. 25) otillräcklig rekryteringen, predation från grönlandssäl, förlust av genetiska komponenter, fortsatt fiske och miljöpåverkan.</p>
Hammill & Stenson 2000	<p>Endast cirka 20 % av den fiskbiomassa som konsumeras av säl utgörs av kommersiella arter, och största delen av konsumtionen består av ungfisk.</p> <p>Konsumtionsuppskattningarna visar att sälarna äter stora mängder fisk. Sälpredation är dock bara en av flera orsaker till dödlighet bland fiskbestånden. Realistiskt sett kommer det inte att vara möjligt att bedöma den relativa effekten av sälpredation på fiskbestånden till dess att andra källor till naturlig dödlighet kvantifierats.</p> <p>Flerartsstrategier erbjuder den största potentialen för att utvärdera effekterna av rovdjur, men datakraven för dessa metoder är för krävande för att sannolikt vara användbara inom en snar framtid.</p> <p>Mindre dataintensiva massbalansmodeller är benägna att ge mer aktuella insikter i ekosystemens struktur och den relativa betydelsen av olika arter.</p>
Bundy 2001	<p>Modelleringsscenarierna stämde överens med hypotesen att torskens kollaps orsakades av överfiske och att torskens återhämtning hämmas av grönlandssälen.</p>
Fu m.fl. 2001	<p>Gråsälarna kan ha bidragit till den långsamma återhämtningen efter torskbeståndets kollaps. Sälens</p>

	<p>predation antogs dock vara oberoende av torskbeståndets storlek, vilket kan vara osannolikt.</p>
McLaren m.fl. 2001	<p>Review. Det är oklart vilken roll predation från sälar spelar för vissa kraftigt utfiskade fiskbestånd. Det kommer sannolikt att ta lång tid för dessa bestånd att återhämta sig också utan sälpredation. Situationen kompliceras ytterligare av miljöförändringar och därmed förändringar i utbredningen av viktiga bytesarter.</p> <p>Uppskattningar av bestånden av kommersiella fiskarter i många områden är stora i jämförelse med de nuvarande fångsterna inom fisket. De nuvarande uppskattningarna är dock oprecisa och kan vara snedvridna, och det är svårt att bedöma hur sälens predation påverkar fiskbestånden.</p> <p>Den beräknade sälpredationen på torsk är särskilt stor i vissa områden, vilket kan bidra till den till synes höga dödligheten hos torskbestånden. Sälpredation på lax och torsk kan vara en särskilt viktig källa till dödlighet lokalt.</p> <p>Andelen torsk i grönländssälens föda verkar ha varit relativt konstant över tid, trots den kraftiga minskningen av torskbeståndet. Vissa berörda parter drar slutsatsen att sälar skulle kunna hindra torskbeståndet från att återhämta sig, men denna slutsats bygger på begränsade dietprover som kanske inte speglar det faktiska födoval.</p>
Tsou & Collie 2001	<p>En studie av predationens roll i regleringen av rekrytering till fiskpopulationer. Torsk och silverkummel var de viktigaste predatorerna, sill/strömming och silverkummel var de viktigaste bytesarterna.</p> <p>Predation på torsk och silverkummel var kompensatorisk, eftersom kannibalism var den dominerande källan till predation för dessa arter. Predation på sill och makrill verkade vara något depensatorisk eller densitetsoberoende. Predation på unga fiskar påverkade också den relativa kohortstorleken vid 2 års ålder.</p> <p>Predation bör beaktas när man gör prognoser för rekryteringen på medel och lång sikt. Predation från sälar beaktades inte i studien.</p>
DFO 2003	<p>Även med mycket låga konsumtionsnivåer skulle sälar kunna vara en viktig källa till dödlighet för den lilla återstående populationen torsk.</p>
Fanning m.fl. 2003	<p>I slutet av 1980-talet och början av 1990-talet var torskbeståndet kraftigt utfiskat efter mer än 20 års överfiske. Fiskeridödligheten på grund av rapporterade fångster underskattade sannolikt den totala dödligheten avsevärt,</p>

	särskilt för yngre fiskar utan kommersiellt värde. Samtidigt ökade den naturliga dödligheten från sälpredation, som också var koncentrerad till yngre fiskar, i takt med att gråsälsstammen blev större. Sälarnas inverkan på torskbeståndet var dock liten.
Bundy 2004	<p>Två ekologiska flerartsmodeller utvecklades för att utforska hur ekosystemet öster om Kanada (Eastern Scotian Shelf) förändrades före (1980-1985) och efter (1995-2000) kollapsen av torsk och andra bottenlevande fiskar.</p> <p>Resultaten visar att även om den totala produktiviteten och den totala biomassan i ekosystemet inte förändrades, hade det skett förändringar i sammansättningen av predatorer och födovävens struktur och energiflöde</p> <p>Under 1980–1985 var torsk den viktigaste toppredatorn, medan gråsäl och silverkummel (<i>Merluccius bilinearis</i>) var de viktigaste toppredatorerna 1995–2000.</p> <p>Den totala konsumtionen av fisk och kommersiella evertebrater från gråsäl, silverkummel och torsk var mindre 1995-2000 än under 1980-1985. Toppredatorernas konsumtion hade alltså minskat mellan de undersökta perioderna.</p> <p>Den stora ökningen av predationsdödligheten hos torsk som observerades berodde inte på ökad konsumtion, eftersom konsumtionen av torsk faktiskt minskade, utan på att torskbeståndets biomassa minskat. Den mindre mängd torsk som konsumerades 1995-2000 hade en större inverkan på den mindre biomassan av torsk. Torsken var känslig för predation på grund av beståndets låga biomassa.</p>
Savenkoff m.fl. 2004a	<p>Innan torskbeståndet kollapsade var de viktigaste predatorerna på fisk stor torsk, följt av kungsfisk, lodda och fisket. Stor torsk var den främsta predatorn på liten torsk och stor torsk åts främst av grönländssäl och gråsäl. Predation från säl stod dock endast för 2 % av den totala dödligheten hos stor torsk. Annan dödlighet än predation dominerade mortaliteten, med 52 %, och fisket stod för 46 %.</p> <p>Det enda sättet att signifikant minska den oförklarliga dödligheten på stor torsk i modellen var att öka landningarna av stor torsk utöver de som rapporterats. Detta tyder på att fiskeridödligheten var kraftigt underskattad i mitten av 1980-talet.</p>
Savenkoff m.fl. 2004b	Minskningen av biomassan av bottenlevande fiskarter, som innebar en minskning av predationen, ledde till ett ekosystem som dominerades av små pelagiska arter och sälar.

	<p>Från mitten av 1980-talet till mitten av 1990-talet förändrades sälarnas diet. I mitten av 1980-talet var torsk viktig medan den ersattes av en större andel lodda i mitten av 1990-talet. Denna förändring stämmer överens med observerade förändringar i den relativa förekomsten av de två fiskarterna.</p>
Bundy 2005	<p>Fiskbeståndens kollaps och stängningen av det demersala fisket, den fortsatta ökningen av gråsälspopulationen och en ökning av ryggradslösa djur och pelagiska fiskarter har lett till ett förnyat intresse för fiskets effekter på ekosystemet.</p> <p>Predationsdödligheten bland stor torsk ökade markant mellan 1980-talet och 1990-talet, men uppskattades utgöra endast 5 % av den totala dödligheten i slutet av 1990-talet. De viktigaste rovdjuret under båda tidsperioderna var gråsäl, pigghaj och bottenlevande fiskar. Den ökade predationsdödligheten berodde på predation från gråsäl, även om den uppskattade konsumtionen av torsk minskade från början av 1980-talet till slutet av 1990-talet.</p> <p>Gråsäl har pekats ut som en viktig källa till dödligheten för torsk, särskilt sedan torskbeståndet kollapsade, men tillgängliga data ger inte stöd för denna hypotes.</p>
Bundy & Fanning 2005	<p>Predation från gråsäl kan inte förklara de höga nivåerna av okänd naturlig dödlighet hos torsk.</p> <p>Predationsdödligheten hos stor torsk var låg och få predatorer identifierades. Gråsäl har pekats ut som en källa till torskdödlighet, särskilt sedan torskbeståndet kollapsade. Att gråsäl kan förklara den okända dödligheten hos stor torsk stöds inte av dietdata och studien ger inte stöd för hypotesen att gråsäl är orsaken till den höga dödligheten bland stora torskar.</p> <p>Det är svårt att se en minskning av torskdödligheten genom någon annan åtgärd än att stänga fisket. Manipulering av ekosystem är en annan möjlighet t.ex. att minska förekomsten av gråsäl, pelagisk fisk eller både och. Konsekvenserna av denna typ av mänsklig påverkan på ett redan stort och föränderligt ekosystem är dock okända, och det finns inga garantier för att det skulle göra det möjligt för torskbeståndet att återhämta sig. Faktum är att om sälarna begränsar förekomsten av pelagiska fiskarter, som i sin tur äter eller konkurrerar med småtorsk, kan avskjutning av sälarna göra saken värre för torskbeståndet.</p>
Chouinard m.fl. 2005	<p>Ökningen av gråsälspopulationen under 1970- och 1990-talen motsvarade ökningen av den uppskattade naturliga dödligheten hos torsk. Korrelationen stöder hypotesen att</p>

	<p>sälpredation kan vara en orsak till ökad naturlig dödlighet. Tillgänglig information om födoval tyder dock på att sälar främst äter ungtorsk, medan den uppskattade ökningen av den naturliga dödligheten gäller för större torsk (≥ 3 år). Storleken på den torsk som sälarna äter kommer från analys av otoliter i dietprover från säl förutsatt att bytesresterna är representativa för art- och storlekssammansättningen hos de bytesfiskar som konsumeras. I vilken utsträckning sälar avstår från att äta huvuden (otoliter) på stora fiskar är okänd men kan vara en felkälla i uppskattning av födoval.</p>
Duplisea 2005	Ett ökat antal grönländssälar skulle potentiellt kunna öka dödligheten hos små torskar, vilket skulle kunna vara en viktig faktor som begränsar torskens rekrytering.
Frank m.fl. 2005	Gråsälarna gynnades av torskens kollaps, vilket ökade mängden bytesdjur (pelagisk fisk). Sälpopulationens predation hade liten inverkan på torskbeståndet.
Morissette m.fl. 2006	<p>I stället för att bara ha en negativ inverkan på sina byten kan marina däggdjur, när de analyseras i en födovävscontext också ha gynnsamma effekter.</p> <p>Olika sälarter jagar på olika nivåer i näringskedjan. Modellen föreslog att sälar har en negativ inverkan på sina främsta bytesarter (fiskar från högre trofinivåer) men en positiv effekt på bytesarternas byten (lägre trofinivå). Både sälar och fiske kan ha en inverkan på ekosystemets trofiska struktur.</p> <p>Större torskar, kungsfisk och yrkesfisket stod för över hälften av dödligheten för fisk. Marina däggdjur stod för 13 % av dödligheten (sälar 9 % (främst grönländssäl 6 %) och valar 4 %).</p> <p>Predationsdödligheten från alla fyra sälarter stod för 2,2 % och 9,4 % av den totala dödligheten för stor respektive liten torsk. Detta var mycket lägre än fiskeridödligheten, som stod för 46 % av den totala dödligheten för stor torsk. Övrig mortalitet och oförklarlig mortalitet stod för 52 %. För liten torsk stod predation från stora fiskar (inklusive kannibalism) för 65,5 % av den totala dödligheten.</p> <p>Sälar (särskilt grönländssäl) stod för 10 % av dödligheten hos små torskar och 2 % bland stora torskar. Dödlighet orsakad av säl är låg jämfört med de 46 % av dödligheten hos stor torsk som kan hänföras till fisket.</p>
Trzcinski m.fl. 2006*	Under 1990-talet utgjorde torsken < 5 % av gråsälarnas föda. Sedan fisket stängdes har sälarna stått för en betydande naturlig dödlighet för torskbeståndet (0,21) och bidrar,

	<p>tillsammans med okänd mortalitet (0,62), till att torskbeståndet inte återhämtar sig.</p> <p>Det finns få bevis för att gråsäl var den främsta källan till naturlig dödlighet för torskbeståndet under fiskestoppet under 1990- och 2000-talen. Även om all naturlig mortalitet på ett utfiskat bestånd påverkar dess chans till återhämtning finns det inget som säger att ens ett fullständigt avlägsnande av sälpredation skulle garantera att torsken återhämtar sig med tanke på den stora okända källan till naturlig dödlighet.</p> <p>Sälmar, som är generalister, kan ha en positiv inverkan på fiskar genom indirekta interaktioner. Torsken livnär sig på många arter i ekosystemet, vilket gör det svårt att förutsäga hur de kommer att reagera på förändringar i antalet sälmar eller ändrat fisketryck. Mycket fokus har varit på torskens rekrytering och den höga dödligheten hos ungtorsk, men mindre på den ökade dödligheten hos äldre torsk. Stora torsk och sälmar överlappar i hög grad varandra när det gäller föda och kan konkurrera om gemensamma resurser.</p>
Chassot m.fl. 2007	<p>Modellering som visar att den dödlighet hos 1-4-årig torsk i norra Saint Lawrencebukten som orsakades av grönländssäl var en liten del av den totala dödligheten.</p> <p>Vilken typ av funktionell respons för sälpredation som används i modellerna hade stor inverkan på uppskattningarna av den biomassa som sälarna äter upp, särskilt när torskförekomsten är låg.</p>
Overholtz & Link 2007	<p>Marina däggdjurs konsumtion av sill följde fiskbeståndets utveckling under den studerade perioden. Demersala fiskar stod för den största delen av konsumtionen av sill, följt av marina däggdjur, pelagiska fiskar och sjöfåglar.</p>
Savenkoff m.fl. 2007	<p>Överfiske i slutet av 1980-talet verkar ha varit tillräckligt för att förklara minskningen av de demersala fiskbestånden. Men sälarna, som var viktiga rovdjur på torsk under mitten av 1990-talet, kan spela en roll i den uteblivna återhämtningen av torskbestånden.</p> <p>En stor del av dödligheten hos stor torsk kunde dock inte tillskrivas fiske eller predation i våra modeller. En stor del av dödligheten hos stor torsk verkar bero på processer som inte tas med i de modeller som används.</p>
Benoît & Swain 2008	<p>Studien fann bevis för en effekt av klimatförändringar och <i>top-down</i>-effekter av fiske och sälpredation, men inte för <i>bottom-up</i>-effekter av bytestillgång på vuxna fiskar.</p>

	<p>Fiske, klimatförändringar och sälpredation stod för 25 % av den årliga variationen i förekomst av de 52 fiskarter som ingick i analysen.</p> <p>Bristen på återhämtning eller fortsatt minskning av många fiskbestånd trots stora neddragningar i fiskeansträngningen i början av 1990-talet sammanfaller med en dramatisk ökning av förekomsten av gråsäl i ekosystemet. Den ökade predationen från säl under 1990-talet motverkade kraftigt minskningen av fiskets uttag av primära bytesarter, så att den totala fiskmortaliteten (fiske + sälpredation) förblev i stort sett konstant över tid.</p> <p>Resultaten tyder på en bred påverkan på fisksamhället till följd av ökad sälpredation. Sedan slutet av 1980-talet har fisksamhället skiftat mot arter som påverkas mindre av gråsäl. Bland arter med stora individer som fångas i fisket är det endast de som i liten utsträckning eller inte alls ingår i sälarnas födoval vars populationer ökat sedan mitten av 1980-talet.</p> <p>Effekterna av fiske och sälpredation var dock svåra att särskilja. Den ytterligare effekten av andra toppredatorer som tumlare är okänd på grund av brist på data om födoval och populationsstorlek.</p>
DFO 2008	<p>Review. Säl antas ha fem typer av negativa effekter på bytespopulationer:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Predation 2. Konkurrens 3. Överföring av parasiter som orsakar ökad dödlighet hos fisk 4. Störning av lek som leder till minskad reproduktionsframgång 5. Andra indirekta effekter på fiskens beteende som orsakas av risk för predation från säl <p>Genomgång av kunskap och kunskapsluckor. Fastställande av nya analyser som behövs för att bättre förstå sälarnas inverkan på fiskbestånden.</p> <p>Behov av forskning:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Predationsmodell för gråsäl • Jämför uppskattningar av sälens diet från magar eller spillning med de som härrör från fettysror • Utvärdera omfattningen av gråsälars predation av endast mjuka vävnader (belly biting) som inte lämnar några identifierbara byterester med hjälp av analys av fettysror

	<ul style="list-style-type: none"> • Analysera och jämför födoval från olika regioner och tidsperioder • Undersök bytesspecifika födosökmönster och hur ofta gråsälarna stöter på byten med hjälp av kameror och satellitmärkning • Ompröva i vilken utsträckning storleksklasser för torsk som äts av sälar kan uppskattas utifrån fettsyror. Kan sälpredation förklara naturlig dödlighet på stora fiskar? • Uppskatta mängden av andra fiskätande marina däggdjur • Ta fram flerartsmodeller för att bättre förstå den relativa effekten av sälar jämfört med andra källor till torskdödlighet
Lilly m.fl. 2008	Sälens predation hämmar torskens populationsstorlek.
Savenkoff m.fl. 2008	<p>Predationsdödligheten var större än fiskeridödligheten för många fiskarter och sälarnas konsumtion var större än rovfiskens konsumtion. Fiske och säl är båda viktiga predatorer på kommersiella fiskarter, vilket kan bromsa fiskbeståndens återhämtning.</p> <p>Sälarnas konsumtion har förskjutits mot fiskarter på lägre trofisk nivå, som också är måltavlor för fisket. Fiske och säl kan därmed också ha blivit viktiga konkurrenter om denna fiskresurs.</p>
Swain & Chouinard 2008	Den naturliga dödligheten bland torsk har fortsatt att öka parallellt med förekomsten av gråsälarna, vilket stödjer hypotesen att sälpredation kan vara en orsak till den ökade dödligheten. Denna hypotes är dock inte förenlig med tillgängliga dietdata för sälar, som tyder på att den mängd torsk som konsumeras är otillräcklig för att förklara den ökade dödligheten. Brister i dietdata kan bidra till denna inkonsekvens. Det krävs ytterligare arbete när det gäller att fastställa orsakerna till den förhöjda naturliga dödligheten i torskbeståndet.
Tyrrell m.fl. 2008	En analys av effekterna av predation från 14 nyckelpredatorer på sill och makrill i nordvästra Atlanten. Predation från marina däggdjur inkluderades inte i denna studie, vilket kan ha lett till en underskattning av predationsdödligheten för både sill och makrill.
Bundy m.fl. 2009	<p>Fyra olika ekosystem i nordvästra Atlanten visar tecken på en potentiell trofisk kaskad som resultat av att de främsta rovdjurens avlägsnats genom fiske. Systemen har förskjutits till alternativa tillstånd, med förändringar i rovdjurens struktur, trofiska struktur och trofiska flöden.</p> <p>Kollapsen av torskbestånden ledde till att fiskätande fiskar ersattes av sälar som främsta rovdjur i ekosystemen.</p>

	<p><i>Top-down</i>-effekter observerades i tre av ekosystemen (Newfoundland-Labrador, norra St. Lawrencebukten och södra St. Lawrencebukten). Tillsammans med att fisket återupptogs innan torskbestånden hade återhämtat sig kan detta förklara varför torskens biomassa fortfarande ligger på extremt låga nivåer i dessa ekosystem.</p> <p>I det fjärde ekosystemet (Eastern Scotian Shelf) verkar sälpredation inte vara en betydande orsak till torskdödlighet, inget fiske har heller förekommit sedan 1993. Den stora mängden pelagisk fisk i detta ekosystem kan konkurrera ut småtorsken om föda men också äta upp torsklarverna.</p> <p>Sälrar definierades som nyckelarter i flera ekosystem under olika tidsperioder.</p>
Chassot m.fl. 2009	<p>Modellresultaten visar att kollapsen av torskbeståndet främst berodde på en kombination av hög fiskeridödlighet och dåliga miljöförhållanden. Ökningen av grönländssälens återspeglades i en ökad predationsdödlighet bland unga torskfiskar. Även om den nuvarande predationsdödligheten påverkar torskens lekbiomassa verkar bristen på återhämtning av torskbeståndet främst bero på dålig rekrytering.</p>
DFO 2009	<p>Review. Presentationer av nya analyser och modellresultat från forskning, som identifierats vid föregående workshop, om sälars påverkan på fiskbestånd.</p> <p>Orsakerna till den bristande återhämtningen varierar mellan torskbestånden. En viktig orsak till den bristande återhämtningen för många bestånd är dock den förhöjda naturliga dödligheten hos vuxen torsk.</p> <p>Det finns ett antal hypoteser om faktorer som skulle kunna bidra till hög naturlig dödlighet och begränsa torskbeståndens återhämtning:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Orapporterad fiskeridödlighet • Sjukdomar • Föroreningar • Tillgång till och kvalitet på föda • Förändringar i beteende och livshistoria • Effekter av sälpredation • Predation från andra arter • Parasiter • Annan påverkan. <p>Fiskeindustrin är övertygad om att sälarna har en betydande inverkan på torskens återhämtning. Det råder dock stor</p>

	<p>osäkerhet om vilka faktorer som påverkar torskens dynamik och om betydelsen av sälpredation.</p> <p>Begränsningar i insamlingen av dietprover (i både tid och rum) och metoderna som används för att analysera dieten kan påverka både den uppskattade andelen och storleken på torsk som äts av sälar.</p> <p>Andelen och åldersfördelningen av torsk i säldieten är två osäkerheter som är viktiga att beakta och som har stor inverkan på sälpredationens effekter.</p> <p>Flerartsmodeller understryker behovet av att beakta sälpredation i ett bredare ekosystemsammanhang.</p> <p>Tvärtemot vad man kan förvänta sig fanns det ett positivt samband mellan parasitförekomst och torskens kondition.</p> <p>För att förklara den förhöjda naturliga dödligheten i fiskpopulationer skulle sälarna behöva äta torsk som är större än vad tillgängliga dietdata visar.</p> <p>Grönlandssälens predation på unga torsk kan begränsa beståndets återuppbyggnad under vissa miljöförhållanden i norra Saint Lawrencebukten. Effekterna av tillgången på bytesfiskar för torsk (lodda) är dock viktigare än effekterna av sälpredation.</p>
Morissette m.fl. 2009a	<p>Den nuvarande sälpredationen på torsk och andra bytesfiskar kan utgöra en viktig källa till konkurrens om resurserna med det återstående fisket.</p> <p>De växande sälpopulationerna i Saint Lawrencebukten kan ha en direkt negativ effekt på rekryteringen av torsk genom predation på torskrekryter. Men de kan också ha en indirekt positiv effekt genom predation på pelagiska fiskar, som är möjliga predatorer på torskens tidiga livsstadier.</p> <p>Bristen på återhämtning trots fiskestopp för många utfiskade fiskbestånd i nordvästra Atlanten visar tydligt på behovet av att förstå hur ekosystemen reagerar på störningar.</p>
Morissette m.fl. 2009b	<p>Stor torsk var den främsta predatorn i norra St. Lawrencebukten under 1980-talet, innan de flesta bottenlevande fiskarterna kollapsade. När bestånden kollapsade i början av 1990-talet ersattes predationen från torsk av den ökande sälpopulationen, som nu är det främsta och viktigaste rovdjuret i ekosystemet.</p> <p>Överexploatering av fisket förändrar ekosystemets struktur och strukturella förändringar kan påverka ekosystemens</p>

	<p>motståndskraft och därmed förmågan hos kollapsade arter att återvända till sin ursprungliga jämvikt.</p> <p>Bifångster av säl inom fisket skulle kunna minska sälpredationen på torsk.</p>
Trzcinski m.fl. 2009	Fiskedödligheten (bifångster) av torsk och naturlig dödligheten på grund av andra källor än sälpredation är hög, och leder till att torskbeståndet minskar.
Hammill m.fl. 2010	<p>Hypoteser för att förklara den höga naturliga dödligheten för torskbeståndet i södra Saint Lawrencebukten inkluderar orapporterad fångst, dålig fiskkondition, av fiske inducerade förändringar i fiskens livshistoria, parasitinfektioner och predation från säl. En undersökning av dessa hypoteser tyder på att sälpredation är den mest sannolika källan till dödlighet. Tidstrender för naturlig dödlighet, mängden torsk och antal sälar stämmer överens med predator-pit hypotesen.</p> <p>Dietdata tyder på en hög andel torsk i dieten, men den torsk som äts upp är främst mindre i storlek än de med förhöjd dödlighet. Denna inkonsekvens kan bero på att stor torsk äts utan huvud (inga otoliter), och/eller betydande luckor i den rumsliga och tidsmässiga täckningen i dietdata för gråsäl.</p> <p>En analys av överlapp i förekomst av gråsäl och torsk visade att gråsälshanar utnyttjade säsongsansamlingar av medelstor och stor torsk. Nya dietprover tyder på att sälen äter mer och större torsk i detta område och under den här årstiden än vad man tidigare antagit.</p> <p>Konsumtionsuppskattningar tyder på att predation från sälar kan utgöra en betydande del av den naturliga dödligheten hos torsk.</p>
Benoit m.fl. 2011*	<p>Den naturliga dödligheten hos vuxna fiskar verkar vara den variabel som mest begränsar produktiviteten hos torsk, kummel och rocka i södra Saint Lawrencebukten.</p> <p>Orsakerna till den höga dödligheten är inte helt klarlagda, och även om det finns indirekta bevis för en effekt av gråsälspredation saknas direkta bevis på grund av osäkerhet i sälarnas födoval.</p> <p>Modellsimuleringar, för att uppskatta rimligheten för att olika säldieter kunde förklara observerade naturliga dödlighetsnivåer, indikerade att predation skulle kunna förklara 20-50 % av dödligheten även om bytesdjuren utgör en liten andel av sälens föda (< 25 %).</p> <p>Om sälarna endast äter fiskarnas mjukdelar registreras det inte i dietanalysen som baseras på hårdpartier (främst otoliter)</p>

	<p>och en predationseffekt vara mer sannolik. Det är därför troligt att sälpredation är en viktig del av den förhöjda naturliga dödligheten bland torskbeståndet.</p> <p>Det krävs en större förståelse för valet av bytesdjur för att kunna avgöra om gråsälens faktiskt påverkar dessa fiskpopulationer negativt.</p>
DFO 2011*	<p>Review. Gråsälens påverkan på bytespopulationerna, t.ex. torsken, varierar beroende på ekosystem.</p> <p>Det har skett dramatiska förändringar i ekosystemen under de senaste decennierna. Den demersala fisken utgörs nu av små bottenlevande fiskar och fisket är inriktat på räkor och krabbor. Det finns fortfarande ett visst fiske efter bottenlevande fisk. Torsk fiskas fortfarande, men som bifångst.</p> <p>Trots minskad fiskeridödlighet har överlevnaden av stora bottenlevande fiskar, t.ex. torsk legat kvar på en mycket låg nivå och bestånden har fortsatt att minska.</p> <p>För torsk i södra Saint Lawrencebukten undersöktes ett antal av de potentiella faktorerna bakom den ökade dödligheten bland vuxna individer: orapporterade fångster, utvandring, sjukdomar, föroreningar, parasiter, försämrad kroppskondition, förändrad livshistoria samt predation från säl och andra rovdjur. Efter genomgång av ovan faktorer kom man till slutsatsen att predation från gråsäl sannolikt var den största bidragande orsaken till den ökade dödligheten hos stora torskar i området.</p> <p>Gråsälspredation anses också vara en viktig orsak till den höga naturliga dödligheten hos rocka och kummel.</p> <p>Omfattningen av gråsälens predation på torsk jämfört med annan mortalitet varierar med vilka antaganden som görs i de beräkningsmodeller som används. De flesta modeller bortser från en stor del av dödligheten för torsk och tillskriver endast en liten del (< 17 %) av den totala dödligheten till sälpredation.</p> <p>Brister i dietdata ökar osäkerheten i uppskattningarna av sälpredationen och kan utgöra en felkälla.</p> <p>Modeller som gör en mängd olika antaganden användes för att uppskatta den minskning av sälbeståndet som skulle krävas för att vända minskningen av torskbestånden.</p>

	<p>Resultaten av modellerna skilde sig mycket åt, vilket speglar osäkerheter om interaktioner mellan säl och torsk.</p> <p>Det är inte möjligt att ange hur mycket sälpredationen/-populationen skulle behöva minskas för att få torskbestånden att återhämta sig. Beroende på vilka antaganden som görs kommer man fram till olika slutsatser. Sälpredationen kan vara så låg att även om alla sälar försvinner skulle inte torsken återhämta sig. Givet andra antaganden skulle jakt på säl kunna minska dödligheten tillräckligt mycket för att torsken ska kunna återhämta sig, men avskjutningen av säl behöver i så fall vara omfattande.</p>
Frank m.fl. 2011	Även om pelagisk fisk utgjorde ungefär hälften av sälarnas födoval visade uppskattningarna att sälarnas predation inte var tillräcklig för att motverka fluktuationer i mängden pelagisk fisk.
Hammill & Swain 2011	<p>Förslag på experiment för att testa hypotesen att gråsälens predation begränsar återhämtningen av torskbeståndet och andra arter (kummel och rocka) i södra Saint Lawrencebukten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Det måste fastställas tydliga långsiktiga mål för förvaltningen av torsk och säl. • Ekosystemmodellering måste genomföras för att identifiera möjliga effekter. • Data måste samlas in för att övervaka förändringar i säl- och torskpopulationernas storlek och dynamik. Nödvändiga underlag för att säkerställa att förvaltningsmålen uppnås och för att kunna utvärdera försökets effektivitet.
Hutchings & Rangeley 2011	<p>Det finns farhågor om att förändringar i samspelet mellan predatorer och bytesarter, som en följd av tidigare fiske, avsevärt kan fördröja, eller till och med förhindra, återhämtningen av utarmade fiskpopulationer.</p> <p>Den ökade mängden makrill och sill som äter torskägg och larver och potentiellt konkurrerar med larver och ungtorsk, skulle kunna hämma torskbeståndets återhämtning. Dessutom tros gråsälspredation också vara orsaken till den ökade dödligheten bland torsken.</p>
Link m.fl. 2011	<p>Studien noterar att vissa angreppssätt har fått mer uppmärksamhet i det ena eller det andra landet: mer fokus på interaktioner mellan fisk och säl i Kanada; mer fokus på flerartsmodellering i USA.</p> <p>Det finns belegg för att sälar inte var den främsta orsaken till beståndskollapsen för de bottenlevande fiskarterna, men kan utgöra ett potentiellt hinder för torskens återhämtning.</p>

	<p>Ökande sälpopulationer och vetskapen om att bottenlevande fisk utgör en del av deras föda har lett till spekulationer om att sälar är en av orsakerna till att fiskbestånden inte återhämtar sig.</p> <p>Det finns modeller som pekar på att sälar var en trolig faktor som hindrade torskens återhämtning, samtidigt som andra modeller visar på att fiske och tillgång på lodda är de mest sannolika drivkrafterna bakom torskens dynamik.</p>
Swain 2011	<p>Torskens ålder och storlek vid mognad minskade kraftigt under 1950- och 1960-talen, vilket sannolikt återspeglar en evolutionär reaktion på det intensifierade fisket, och har förblivit lågt sedan dess, trots drastiska minskningar av fiskeridödligheten. En förutspådd konsekvens av för tidig mognad är ökad naturlig dödlighet på grund av högre kostnader för reproduktion och kan vara en orsak till tidigare ökning av den naturliga dödligheten.</p> <p>Den nuvarande höga naturliga dödligheten för torsk på grund av yttre faktorer, t.ex. sälpredation, verkar leda till en fortsatt tidig mognad i denna population. Sälpredation har nu ersatt fiskeridödligheten som den faktor för urval som gynnar tidig mognad.</p> <p>Trots minskat fisketryck har man misslyckats med att vända den fiskeriinducerade evolutionen vilket understryker behovet av förvaltningsstrategier som minimerar risken för fiskeinducerade genetiska förändringar.</p>
Swain m.fl. 2011	<p>En utvärdering av bevisen för olika hypoteser om vad som ligger bakom den förhöjda naturliga dödligheten hos torskbeståndet leder till slutsatsen att sälpredation är den mest troliga orsaken.</p> <p>På grund av brister i data är det dock inte möjligt att ange sannolikheten för att en viss nivå av jakt på gråsäl kommer att resultera i en viss minskning av den naturliga dödligheten i torskbeståndet.</p> <p>Baserat på en metod uppskattas gråsälspredation stå för endast 10 % av dödligheten hos vuxen torsk (≥ 5 år). Jakt på säl kan därmed inte minska dödligheten till en nivå som skulle göra det möjligt för torsken att återhämta sig, eftersom dödligheten på grund av andra, okända, orsaker är så hög.</p> <p>Baserat på en annan metod är resultaten mer konsekventa med den sammanvägda bevisningen för att predation från sälar är en viktig del av torsk dödligheten. Enligt detta tillvägagångssätt beror 50 % av den nuvarande dödligheten</p>

	<p>hos vuxen torsk på predation från sälar. I detta fall kan jakt på säl minska torskdödligheten till en nivå som gör det möjligt för torsken att återhämta sig. Den nödvändiga avskjutningen av säl skulle dock vara omfattande. En lägre avskjutning skulle vara tillräcklig om sälarna visar specialisering på viss föda och om det är möjligt att rikta jakten mot sälar som är "torskspecialister".</p> <p>Resultaten bör tolkas som "<i>Tänk om</i>"-scenarier när det gäller effekterna av säljakt på torskbeståndet, med tanke på de olika antaganden som görs kring andelen av den naturliga dödligheten som utgörs av sälpredation.</p>
Araújo & Bundy 2012	<p>Orsaken till den höga oförklarliga dödligheten bland vuxna torskar, som förblev hög trots den stora minskningen av fiskets fångster, är okänd. En hypotes är att det beror på predation från säl.</p> <p>Ökad sälpredation på torsk står för en del av den oförklarade dödligheten. Det finns dock inga tecken på att sälar äter stor torsk i ekosystemet (Eastern Scotian Shelf). Mängden torsk som skulle krävas i sälens diet för att förklara denna predation skulle i så fall kräva en mycket stark preferens för stor torsk, vilket alltså inte har observerats. Resultaten stämmer överens med bedömningen att sälpredation inte kan förklara den höga dödligheten hos vuxen torsk.</p>
O'Boyle & Sinclair 2012	<p>Review. Med tanke på att det finns olika tolkningar i olika områden av gråsälens roll för torskpopulationernas utveckling och den oförklarade ökningen av den naturliga dödligheten för torsk sedan slutet av 1980-talet (Eastern Scotian Shelf), omvärderar denna rapport effekterna av gråsälspredation på torsk.</p> <p>Modellresultaten visar att sälarna har bidragit till ökad naturlig dödlighet sedan slutet av 1980-talet och till att torskbeståndet inte har återhämtat sig sedan 1993. Resultaten stämmer dock inte överens med den senaste tidens ökning av torskbeståndet.</p> <p>Det finns flera osäkerheter i modellerna som kan påverka resultaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antalet sälar • Sälarnas geografiska och säsongsmässiga fördelning • Sälarnas funktionella respons • Osäkerheter i dietdata i allmänhet samt mängd och storlek av torsk i synnerhet <p>Antagandena i denna studie ledde till resultat som skiljer sig från andra studier. Gråsäl kan mycket väl vara en primär</p>

	<p>orsak till den naturliga dödligheten i torskbeståndet och sälpredation kan i hög grad bidra till att torsken inte återhämtar sig.</p> <p>I denna studie används uppskattningar av andelen torsk i gråsälarnas diet baserat på dietdata från Storbritannien, med antagandet att förekomst av torsk i födan hos gråsäl på Kanadas atlantkust är högre än vad dietstudier från området visat, trots att det rör sig om två olika ekosystem.</p>
Swain & Mohn 2012	<p>Torskbeståndens brist på återhämtning har föreslagits bero på olika faktorer:</p> <p>Fysisk miljöpåverkan som förändrade planktonodynamiken och ledde till en minskning av mängden och/eller kvaliteten på den föda som torsken hade tillgång till. Vilket följdes av en ökad naturlig dödlighet hos torsk på grund av försämrad kroppskondition. Detta verkar inte vara fallet för alla torskbestånd.</p> <p>Gråsälspredation som orsakar förhöjd naturlig dödlighet hos vuxen torsk. De flesta modelleringsstudier har kommit fram till att predation från gråsäl inte är en viktig del av den förhöjda dödlighet som ses hos vuxen torsk. Genom att använda olika antaganden i beräkningsmodeller kan resultaten dock förändras så att de istället indikerar att den ökade dödligheten hos torsk till stor del kan ha berott på sälpredation. Även om den senaste tidens minskning av torsk dödligheten inte stämmer överens med dessa modelleringsresultat är en hypotes som skulle kunna förklara minskningen av dödligheten vara att gråsälarna byter bytesarter på grund av minskad tillgång på torsk eller en ökning i tillgången på alternativa byten.</p>
Gazit m.fl. 2013	<p>Review. På grund av de problem som är förknippade med varje dietanalysteknik och svårigheten att få ett födoval som är representativt för populationen, kommer en uppskattning av gråsälarnas inverkan på torskens återhämtning att kräva ett integrerat tillvägagångssätt med både diet- och telemetritekniker.</p> <p>Osäkerheterna består emellertid inte helt och hållet av brister i säldietdata. Det finns också osäkerheter när det gäller förekomst, utbredning och dödlighet av torsk. På grund av ekosystemens komplexa natur och med tanke på att gråsäl äter mer än en bytesart bör metoden för att utvärdera gråsälarnas inverkan på torsken inte baseras på ett scenario med en predator och en bytesart, utan ta hänsyn till förändringar i gråsälarnas predation på torsk i relation till tillgången på olika bytesarter.</p>

	<p>Nordvästra Atlanten är ett mycket komplext marint ekosystem. Förutom gråsälén har torsken många predatorer, bland annat torsk, andra fiskarter och andra marina däggdjur än säl. Dessutom kommer graden av predation från gråsäl på torsk sannolikt att variera som en funktion av tillgången på andra bytesdjur.</p> <p>Givet brister i kunskaper om gråsäl och torsk vill studien uppmuntra till ett mer ekosystembaserat synsätt för att förstå samspelet mellan gråsäl och torsk.</p>
Pannozzo 2013	Kritisk granskning av forskning om sälars påverkan på fisk och beslut om beståndsreducerande jakt på gråsäl.
Swain m.fl. 2013	<p>Dödlighet för tidiga livsstadier hos rockor tycktes minska mellan 1970-talet och 2000-talet. Däremot ökade den uppskattade dödligheten för större individer under denna period.</p> <p>Ökningen av dödligheten för stora rockor kan inte enbart tillskrivas förändringar i tillväxt, utan tycks återspegla en ökning av den naturliga dödligheten, möjligen på grund av predation från gråsäl. Det var ingen tydlig ökning av den naturliga dödligheten för rockor i ett närliggande ekosystem med färre gråsäl.</p> <p>Även utan fiske är det osannolikt att bestånden av rockor återhämtar sig under nuvarande ekosystemförhållanden.</p>
Bousquet m.fl. 2014	<p>I norra Saint Lawrencebukten skulle predation från grönländssäl kunna spela en viktig roll för torskbeståndets återhämtning.</p> <p>Modelleringsresultaten tyder på att återhämtningen av torskbeståndet troligen kommer att ta lång tid (> 10 år) och att den i hög grad är beroende av vattentemperaturen, följt av sälpredation och fiske.</p> <p>Modelleringsresultaten tyder på att minskningen av fisket sannolikt kommer att ha en omedelbar positiv effekt på torskbeståndet, medan minskningen av sälbeståndet kommer att ha en fördröjd effekt, eftersom sälarna äter liten fisk, som inte kommer att rekryteras till beståndet förrän om flera år.</p> <p>En partiell återhämtning av torskbeståndet kan endast uppnås om sälbeståndet minskar betydligt, förutsatt att vattentemperaturen ligger kvar på nuvarande nivåer eller blir varmare.</p> <p>Vid nuvarande vattentemperatur skulle dagens förvaltning av torskbeståndet möjliggöra en delvis stabil återhämtning inom</p>

	<p>de närmaste 20 åren endast genom att minska sälbeståndet med 50 %.</p> <p>Vid antagandet av mer konservativa förvaltningsmetoder, vilket skulle innebära en minskning med 50 % av torskfångsten eller fiskestopp, skulle torskbeståndet kunna återhämta sig endast om det också sker en betydande minskning av sälpopulationen (> 30 %).</p>
Buren m.fl. 2014	<p>Predation från grönländssäl har föreslagits som en förklaring till den bristande återhämtningen av torskbeståndet utanför Newfoundland. Alternativa hypoteser inkluderar minskad tillgång på bytesdjur och/eller minskad kvalitet, fiske och miljöeffekter.</p> <p>Studien visar att dynamiken i torskbeståndets biomassa beror på fiske och tillgången på bytesdjur kopplat till torskens försämrade kroppscondition. Dynamiken i torskbestånden förklarades bäst av en kombination av fiske och tillgång på bytesdjur, medan sälpredation inte visade sig vara viktig.</p> <p>Den trofiska kontrollen av torskbeståndet verkar ske nedifrån och upp (<i>bottom-up</i>), och minskad tillgång på bytesdjur kan vara ett allvarligt problem för torskbeståndets återhämtning.</p>
Hammill m.fl. 2014	<p>Även om tidigare studier tyder på att torsk och kummel inte är viktiga byten för gråsäl och att sälar främst äter mindre fiskar, tyder denna studie på att andelen torsk i födovallet hos gråsäl som födosöker i torskens övervintringsområde är mycket större och består av större torsk. I områden och säsonger där torsk och kummel aggregerar kan de utgöra en betydande del av gråsälens föda.</p> <p>Sälarna födoval skilde sig åt mellan hanar och honor, där bottenlevande fiskar var viktigare för hanar, medan pelagiska arter var viktigare för honor.</p> <p>För att utvärdera vilken roll sälpredation spelar för fiskpopulationers återhämtning måste den relativa betydelsen av dödligheten till följd av sälpredation relateras till den totala dödligheten hos fiskpopulationen.</p>
Kuparinen & Hutchings 2014	<p>Ökad dödlighet bland vuxna individer i ett överfiskat bestånd, t.ex. på grund av ökad predation från säl, kan vända den kompensande populationsdynamiken till sin motsats, en så kallad Allee-effekt.</p> <p>Den ökade naturliga dödligheten för överfiskade torskbestånd har varit mer än tillräcklig för att ändra dynamiken i den täthetsberoende populationsregleringen, och kan bromsa eller</p>

	till och med hindra torskbeståndens återhämtning även utan fiske.
Lacroix 2014	Genom märkning av fisk ger studien direkta bevis för omfattande naturlig dödlighet hos vandrande lax i kustområden och tillskrivs predation från stora pelagiska fiskar (hajar och tonfisk) och inga tecken på fiskeridödlighet. Sälpredationen kan ha underskattats om sälarna undviker att svälja fiskmärkena.
Lidgard m.fl. 2014	Genom märkning av fisk och säl konstaterar studien att de flesta av de observerade interaktionerna mellan gråsäl och märkta fiskar (torsk, lax och ål) inte tyder på predation. Det var mer sannolikt att sälarna passerade förbi de märkta fiskarna än att de åt upp dem. Några av fynden tyder på att sälen antingen åt upp den märkta fisken, men inte sändaren, eller att sälarna födosökte i samma område som den märkta fisken. Sälarna som är försedda med märken kan ge information om var fiskarter befinner sig i områden där det inte finns några akustiska mottagare och ge nya insikter om hur interaktionen mellan arter ser ut i annars otillgängliga miljöer.
Morissette & Brodie 2014	Trofiska effekter kan uppskattas överskådligt med hjälp av enkla termodynamiska ekvationer i stället för att bygga komplexa och datakrävande ekosystemmodeller. Sälarna har en flera gånger större yta relativt kroppsmassan än stora valar, och sälarna kan ha en effekt motsvarande samma biomassa valar, även om de tillbringar mindre tid (20 %) i området. Sälarna och valarna konkurrerar inte om samma byte: sälarna äter på en högre trofisk nivå. Modellering är ett bra sätt att få en helhetsbild av de marina däggdjurens roll i ekosystemen, men uppskattningar av trofisk påverkan baserade på grundläggande termodynamiska principer kan också ge oss svar som kräver mindre data.
Zemeckis m.fl. 2014	Review. En genomgång av befintlig litteratur om torskens lekdyamik, inklusive livsmiljö, tidpunkt, beteende, könscellsproduktion, larvers överlevnad och fiskets påverkan. Predation från sälarna beaktades inte i studien.
Sinclair m.fl. 2015	Review. Två hypoteser för trofisk dynamisk kontroll av den östra skotska sockelns ekosystem på Kanadas Atlantkust har föreslagits: <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Top-down</i>: trofiska kaskader, orsakade av fiske och sälpredation 2. <i>Bottom-up</i>: klimat och näringstillförsel

	<p>Studien utvärderar bevisen till stöd för dessa två olika hypoteser.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Det finns begränsat stöd för <i>top-down</i>-hypotesen. 2. <i>Bottom-up</i>-hypotesen stöds i allmänhet för de lägre och mellersta trofiska nivåerna, men kan inte förklara pågående höga nivåer av naturlig dödlighet för torsk (m.fl. arter). <p>I studien föreslås ett alternativ till de två hypoteserna som består av en kombination av <i>top-down</i>- och <i>bottom-up</i>-processer.</p> <p>Många arter av bottenlevande fisk (inklusive torsk) och små pelagiska fiskbestånd (inklusive sill) tros inte återhämta sig på grund av den fortsatt höga naturliga dödligheten till följd av sälens predation.</p>
Smith m.fl. 2015a	<p>Fiske och marina däggdjur interagerar, både direkt och indirekt, men i samband med bestämning av fiskekvoter tas sällan hänsyn till samspel mellan fiskar och marina däggdjur. Ännu mer sällan beaktas indirekta ekologiska effekter eller förändringar i ekosystemstrukturen, t.ex. när populationer av marina däggdjur återhämtar sig från låga nivåer.</p> <p>Modelleringar av samspelet mellan marina däggdjur och fiske kan identifiera var kompromisser och överväganden kan vara nödvändiga för förvaltningen.</p> <p>Studien konstaterar att ett hållbart fiske kan vara förenligt med återhämtning av populationer av marina däggdjur, men att allt för intensivt fiske kan bromsa de marina däggdjurens återhämtning. Förvaltningsmål som inkluderar återhämtning av marina däggdjur och ett hållbart fiske är inte oförenliga och kan kombineras för att optimera förutsättningarna för såväl fisket som populationerna av marina däggdjur.</p> <p>En bredare diskussion behövs bland alla som är involverade i användning och förvaltning av marina resurser.</p> <p>Förvaltningsmål och kompromisser behöver diskuteras och övervägas tillsammans som ett först steg mot en integrerad och effektiv ekosystembaserad förvaltning.</p>
Smith m.fl. 2015b	<p>Predation på bottenlevande fisk, t.ex. torsk är av särskilt intresse i nordvästra Atlanten, där sälpopulationerna har ökat kraftigt under de senaste åren och fisket har stängt på grund av överfiskade torskbestånd.</p> <p>Uppskattningar från denna studie visar att gråsäl i genomsnitt konsumerade 12 % av den mängd stora torskfiskar som fångas av kommersiellt fiske och knobbsäl konsumerade 28 %. Denna konsumtion omfattar flera arter av</p>

torskfiskar. För närvarande har vissa av dessa arter stora populationer, och det är troligt att sälarnas konsumtion av torsk utgör en relativt låg andel av konsumtionen av torskfisk (eftersom torskbestånden för närvarande är överfiskade och predationen från säl minskar i takt med bytesmängden).

Det finns förbehåll för att jämföra predationen från marina däggdjur med fiskefångsten, bland annat det faktum att konsumtionen inte kunde uppskattas per enskild bytesart eftersom de taxonomiska detaljerna varierade kraftigt i publicerade material.

Dietsammansättning fick också hämtas från avlägsna områden för många marina däggdjur, vilket leder till approximationer av byteskategorier baserade på arter av liknande taxa. Dessutom innehåller de flesta bytesgrupper arter som inte är av kommersiellt intresse, och därför kan de marina däggdjurens konsumtion överskattas i förhållande till det kommersiella fiskets fångster. Försiktighet bör därför iaktas när man jämför konsumtionen från marina däggdjur med kommersiella fångster.

Även om uppskattningarna från denna studie tyder på att sälens konsumtion kan vara viktig för specifika bytesarter, kan försök att öka bytespopulationerna genom att minska sälpopulationerna i själva verket inte ha några, eller skadliga, effekter på bytespopulationerna. Som i alla system kan de många sekundära indirekta trofiska effekterna som uppstår vid avlägsnande av sälar leda till okända eller oönskade konsekvenser för ekosystemen.

Studier som inte tar hänsyn till de indirekta predationseffekterna kan förenkla ekosystemet för mycket när de spekulerar i att förekomsten av sälar har en negativ inverkan på kommersiella fiskbestånd.

Förekomst av marina däggdjur och uppehållstid var de mest inflytelserika parametrarna när det gällde att uppskatta den totala konsumtionen från marina däggdjur. Och födovallets sammansättning var mest inflytelserik när det gällde att uppskatta konsumtionen av vissa bytesarter.

Sälkonsumtionen kan vara lika stor som fiskets fångster för vissa arter av bytesdjur. Utvärdering av predationen behöver dock ta hänsyn till det specifika rumsliga och tidsmässiga överlappet av rovdjur och bytesdjur i det lokala ekosystemet. När predation används i ett förvaltningssammanhang måste

	dessutom bredare ekosystemhänsyn tas med, t.ex. indirekta interaktioner i näringsväven.
Swain & Benoît 2015	<p>Ett antal bottenlevande fiskbestånd (t.ex. torsk) kollapsade på grund av överexploatering. Trots försumbara nivåer av fiskeridödlighet och stark rekrytering har dessa populationer inte visat några tecken på återhämtning på grund av dramatiska ökningarna av den naturliga dödligheten för större fiskar.</p> <p>Studiens hypotes är att den höga torskdödligheten återspeglar en predationsdriven Allee-effekt (<i>predator pit</i>), som är ett resultat av den minskade förekomsten av torsk och den höga förekomsten av säl. Det verkar inte möjligt för de kollapsade torskbestånden att återhämta sig under nuvarande förhållanden, inte ens utan fiske.</p> <p>Många fiskätande marina däggdjurspopulationer håller på att återhämta sig världen över, och den naturliga dödligheten kan vara på väg att öka i fiskesamhällen i andra ekosystem, där den kan skymmas av fortsatt hårt fiske. Våra resultat visar att det finns ett akut behov av mer försiktiga fiskeriförvaltningssystem mot bakgrund av ökande populationer toppredatorer för att undvika populationskollaps som inte kan vändas genom att fisket upphör.</p>
Swain m.fl. 2015a	<p>Utbredningen av torsk, kummel och rocka var starkt relaterad till risken för predation från gråsäl och utbredningen skiftade till områden med lägre risk i takt med att predationsrisken ökade. Icke-bytesarter uppvisade inte liknande förändringar i habitatval.</p> <p>Resultaten tyder på att fisk kan svara på ökad predationsrisk genom att välja livsmiljöer med lägre risk, vilket leder till förändringar i nyttjandet av livsmiljöer på stora rumsliga och tidsmässiga skalor.</p> <p>Icke-dödliga effekter kan vara en viktig del av den minskade produktiviteten hos sälarnas bytesarter i detta ekosystem, och av de indirekta effekterna på lägre trofiska nivåer.</p>
Swain m.fl. 2015b	Den pågående minskningen av torskbeståndet i södra Saint Lawrencebukten beror på den höga naturliga dödligheten hos vuxen torsk (≥ 5 år). Naturlig dödlighet på cirka 18 % anses vara normalt för vuxen torsk, men i denna population uppskattas den naturliga dödligheten för vuxna torskar till 50-60 %. Vid denna nivå av naturlig dödlighet förväntas populationen fortsätta att minska även om det inte finns någon fiskeridödlighet.

	<p>Predation från gråsäl anses vara en viktig orsak till denna dödlighet, och ingen återhämtning förväntas vid den nuvarande höga nivån av sälpredation.</p>
Wang 2016	<p>Den naturliga dödligheten för vuxen torsk (≥ 6 år) på Georges Bank har ökat sedan mitten av 1990-talet. Förekomsten av gråsäl och knobbsäl har ökat under de senaste decennierna, och sälens predation antas vara en potentiell källa till hög naturlig dödlighet hos torsk.</p> <p>Riktad forskning om faktorer som bidrar till torskens naturliga dödlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analys av torskens diet • Analys av sälens diet för att förstå torskens betydelse i sälens födoval • Märkningsstudier av sälar för att uppskatta antalet sälar som flyttar till området skulle bidra till att kvantifiera effekterna av sälens predation på torskbeståndet.
Neuenhoff m.fl. 2018	<p>Den misslyckade återhämtningen av det kollapsade torskbeståndet i södra Saint Lawrencebukten beror på en kraftig ökning av den naturliga dödligheten bland vuxna torskar.</p> <p>Den beräknade predationsdödligheten hos vuxen torsk ökade kraftigt under torskkollapsen och har fortsatt att öka och står för den största delen av dödligheten sedan slutet av 1990-talet.</p> <p>Predation från gråsäl spelade en mindre roll i torskbeståndets kollaps, men är den viktigaste faktorn som hindrar det från att återhämta sig. Resultaten är konsistenta med hypotesen att misslyckad återhämtning beror på predationsdrivna Allee-effekter, en demografisk effekt på grund av minskad förekomst av torsk och ökad förekomst av gråsäl.</p> <p>Under nuvarande förhållanden verkar det troligt att torskbeståndet kommer att utrotas, även om det inte finns något fiske och ingen ytterligare ökning av sälbeståndet.</p>
DFO 2019	<p>Gråsälspredation anses vara den främsta orsaken till den förhöjda naturliga dödligheten hos detta torskbestånd under de senaste 20 åren, och därmed till Allee-effekten.</p> <p>Den säsongsmässiga utbredningen av torsk har förändrats dramatiskt under de senaste 20 åren, med en succesiv utflyttning från kustnära områden till djupare vatten. Detta verkar vara ett svar på den ökade risken för predation från gråsäl. Detta förväntas medföra kostnader, t.ex. i minskad</p>

	<p>födosöksframgång, och har sammanfallit med försämring av torskens kondition.</p> <p>Med den nuvarande förekomsten av gråsäl i detta ekosystem verkar det inte vara möjligt för torskbeståndet att återhämta sig, och det är mycket troligt att det kommer att dö ut (SSB < 1 000 ton).</p> <p>Samlade bevis verkar nu tyda på att gråsälspredation är den främsta orsaken till den höga naturliga dödligheten hos detta torskbestånd och därmed till Allee-effekten.</p> <p>Dessa bevis inkluderar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ökningar av naturlig dödlighet sammanföll med stora ökningar av gråsälspopulationen. • Med tanke på det uppskattade överlappet mellan gråsäl och torsk i tid och rum och gråsälars energibehov är det troligt att gråsälspredation kan stå för en betydande andel av mortaliteten även om andelen torsk i sälens föda är måttligt (15 %) • Gråsälshanarnas födosök under vintern är koncentrerat i närheten av den övervintrande ansamlingen av torsk. • Gråsäl äter mycket mer stor torsk (≥ 5 år) än man tidigare trott. <p>Det är osäkert om gråsälspredationen kommer att begränsa torsken i området till mycket låga nivåer eller utrota den. Detta beror på om gråsälarna byter till alternativa byten när antalet torskar är få eller om sälarna fortsätter äta torsk. Om det inte sker ett byte till andra bytesarter kommer torsk att drivas till utrotning via en Allee-effekt.</p> <p>Det är osäkert hur en minskning av gråsälspopulationen kommer att påverka torskbeståndet. Man skulle kunna förvänta sig en ökad förekomst av torsk, men detta skulle kunna förhindras genom indirekta effekter. Minskning av sälpopulationen kan leda till ökad förekomst av andra rovdjur eller konkurrenter till torsk. Till exempel är sill och andra pelagiska arter ett viktigt byte för gråsäl men också en potentiell predator på torskens tidiga livsstadier.</p> <p>Det råder stor osäkerhet kring sälars födoval i området under året på grund av den stora rumsliga, säsongsmässiga och individuella variationen.</p>
Swain m.fl. 2019a	En studie om vilken roll gråsälspredation spelar i den nära utrotningen (en minskning med 98 % sedan 1980) av rockorna i södra Saint Lawrencebukten.

	<p>Populationsmodellering indikerar att den pågående kollapsen av denna population beror på ökad naturlig dödlighet hos vuxna fiskar. Baserat på modellprognoser skulle denna population vara utrotad i mitten av århundradet om den nuvarande produktiviteten skulle bestå.</p> <p>Sälarnas konsumtion av rockor förklarar ökningen av den naturliga dödligheten hos vuxna rockor. När mängden rockor är mycket låg byter sälarna till alternativa byten, vilket resulterar i minskad dödlighet bland rockor. Som en följd av detta förväntas vinterrockor vid låg populationsstorlek (<i>predator pit</i>).</p> <p>Resultaten understryker behovet av en ekosystembaserad förvaltning av levande resurser i havet.</p>
Swain m.fl. 2019b	<p>Den pågående minskningen av torskbeståndet i södra Saint Lawrencebukten beror på den höga naturliga dödligheten bland vuxna torskar (≥ 5 år). Naturlig dödlighet ca 18 % ($M = 0,2$) anses vara normalt för vuxen torsk. I denna population uppskattas den naturliga dödligheten för vuxna till cirka 55 % ($M > 0,8$).</p> <p>Predation från gråsäl verkar för närvarande vara den främsta orsaken till denna dödlighet. Baserat på populationsmodeller kan denna predation förklara hela vuxendödligheten över den normala nivån (0,2) sedan år 2000.</p> <p>Torskbeståndet verkar uppleva en predationsdriven Allee-effekt. En effekt som uppstår när populationstillväxten per capita minskar i takt med att fiskarna blir färre. Detta står i motsats till den förväntade ökningen av populationens produktivitet vid låga antal på grund av minskad konkurrens inom arten. Dessutom upplever torsken en stark Allee-effekt med ett produktionsunderskott sedan 2001. Allee-effekten orsakas av utfiskning av torskpopulationen och den höga och ökande förekomsten av sälar (rovdjur).</p> <p>Den starka Allee-effekten kommer att driva en population till utrotning om effekten kvarstår. Med dagens stora gråsälpopulation förväntas torskpopulation fortsätta att minska och närma sig utrotning.</p>
Rossi m.fl. 2021	<p>Identifiering av strategier som minskar förekomsten av gråsäl i södra St. Lawrencebukten till nivåer som gynnar återhämtning av fiskbestånd samtidigt som bevarandemålen för gråsäl bibehålls.</p> <p>Studien visar att det finns en potentiell konflikt mellan de bevarandemål som satts upp för att upprätthålla en relativt</p>

	<p>stor gråsälspopulation och åtgärder för att hjälpa hotade fiskbestånd att återhämta sig. En minskning av gråsälsstammen till nivåer som främjar fiskens återhämtning skulle innebära att man låter sälstammen minska under försiktighetsnivån.</p> <p>Både fångst- och bevarandemålen skulle kunna uppnås med årliga jaktkvoter på 6000 sälar om 50 % av de skjutna sälarna var årsungar. Små mängder ökad jakt ledde dock till att sälbeståndet hamnade under gränsreferensnivåerna.</p> <p>Jakt inriktad på en högre andel unga sälar var mindre benägen att orsaka bevarandeproblem. Dessa strategier krävde dock mycket större kvoter för att uppnå målen.</p> <p>Bevarandeframgångar kommer att kräva att förvaltningen av vilda djur och växter omvärderar målen och eventuellt ställs inför svåra avvägningar. I synnerhet när rovdjuren har återhämtat sig till nära bärkraften, och deras byten har överexploaterats till mycket låga populationsstorlekar och fortsätter att minska i avsaknad av t.ex. fiske, skulle man kunna hävda att förvaltningen bör använda försiktighetsprincipen mer för bytespopulationen än för rovdjurspopulationen.</p>
Kerr m.fl. 2022	<p>Sälförekomst kunde inte förklara trender i bestånden av bottenlevande fisk i nordöstra USA.</p> <p>Nyligen genomförda studier tyder på en ökande betydelse av pigghaj i sälarnas födoval i regionen och att komplexa ekologiska interaktioner kan förekomma mellan pigghaj, säl och bottenlevande fisk. Där sälpredation på pigghaj potentiellt kan minska predationen på de bottenlevande fiskarterna. Detta skulle kunna förklara frånvaron av sälars påverkan på bottenfisk.</p> <p>Det behövs ytterligare studier av interaktionerna mellan dessa rovdjur- och bytesarter (säl, bottenlevande fiskarter och pigghaj) innan man kan fullt ut förstå sälarnas påverkan på den naturliga dödligheten hos bottenlevande fisk</p>
Wiedenmann & Legault 2022	<p>Trots att fisketrycket totalt sett har minskat under perioden har den totala dödligheten inte minskat för många fiskbestånd.</p> <p>En studie av populationsutvecklingen i 18 fiskbestånd i nordöstra USA.</p> <p>Fiskeridödligheten har minskat över tid sedan mitten av 1990-talet för alla bestånd, men inte den totala dödligheten.</p>

	<p>Svaga positiva eller till och med negativa samband mellan fiskeridödlighet och total dödlighet konstaterades för 13 bestånd.</p> <p>Flera mekanismer kan orsaka dessa motstridiga signaler, men de mest troliga är orapporterad fångst och ökad naturlig dödlighet på grund av predation och/eller klimatförändringar.</p> <p>Det är osannolikt att en enskild orsak kan förklara skillnaderna mellan olika bestånd, eller kanske till och med för ett enskilt bestånd, och betydelsen av olika mekanismer varierar nästan säkert mellan bestånd och över tid för enskilda bestånd.</p> <p>Fortsatta undersökningar av det relativa bidraget från olika faktorer föreslås.</p>
DFO 2023	Påverkan av sälpredation på torsk i norra Saint Lawrencebukten är något osäker, men har sannolikt varit mindre än för de närliggande torskbestånden.
DFO 2024	Sälpredation (gråsäl) är den mest sannolika orsaken till ökningen av den naturliga dödligheten hos torskbeståndet i södra St. Lawrencebukten.
Roy m.fl. 2024	Kannibalism och gråsälspredation utgör de största hoten mot torsken. En jämförelse mellan en icke-Allee-modell och en Allee-modell visade att Allee-effekten kan främja återhämtning och gynna torskbeståndet avsevärt.
Rossi m.fl. 2024*	<p>Sälpredation kunde bara förklara ökningen av torskbeståndets mortalitet om torsk utgjorde en stor del av sälens föda. Den största delen av dödligheten för torsk kunde inte förklaras av sälpredation då torsken utgjorde en liten till måttlig del av gråsälens diet.</p> <p>Predation och fiske stod för drygt hälften av dödligheten för torsk när torsk utgjorde en betydande del av sälarnas diet, men förklarade inte den historiska dödligheten.</p> <p>Sälarna som förökar sig i andra områden, längre norrut, kan också söka föda i studieområdet, och det verkliga predationstrycket skulle därför kunna vara underskattat i modellen. Å andra sidan bygger underlaget om sälarnas födosöksbeteende helt på antaganden eftersom det inte fanns några tillgängliga data för att uppskatta hur stor andel av tiden sälar från olika områden tillbringade i studieområdet. Om sälar tillbringar stor del av sin tid med att söka föda utanför studieområdet kommer uppskattningarna av deras konsumtion av fisk i studieområdet vara för höga.</p>

Möjlighet till metaanalys av sälars påverkan på fisk

För att vetenskapligt bedöma vilken effekt säl har på fisk krävs studier som statistiskt testar effekterna av predation. Det är ofta inte tillräckligt att ta reda på vad och hur mycket en säl äter utan sälens predation måste relateras till någon slags fiskvariabel, till exempel förändringar i sälarnas antal i förhållande till fiskarnas populationsstorlek eller storleksintervall över tid. För att undersöka och sammanställa resultat för sådana studier gjordes en strukturerad referenssökning i Web of science- Cross Search (Clarivate 2024-11-06) som inkluderar vetenskapliga artiklar, konferenshandlingar, data, avhandlingar m.m. Sökningen gjordes genom att använda Booleska operatorer, som innebär att sökparametrarna i databasen definieras, avgränsas och kombineras (t.ex. AND, OR, NOT). Två kombinationer av sökord användes, för sökning i både titlar och sammanfattningar (abstracts), och i båda inkluderades alla våra tre sälarter och ingen begränsning i område gjordes. 1) (harbour seal* OR harbor seal* OR common seal* OR Phoca vitulina* OR grey seal* OR gray seal* OR Halichoerus grypus* OR ringed seal* OR Pusa hispida* OR Phoca hispida*) AND (diet* OR predat*). 2) (harbour seal* OR harbor seal* OR common seal* OR Phoca vitulina* OR grey seal* OR gray seal* OR Halichoerus grypus* OR ringed seal* OR Pusa hispida* OR Phoca hispida*) AND (fish* OR diet* OR prey*) AND (abundance* OR diversit* OR size* OR predat* OR populat* OR migrat* OR forag* OR stock*) AND (effect* OR affect* OR impact* OR compet* OR respon* OR correlat* OR sig*).

Den första kombinationen av sökord gav en bred bild av studier som på något sett undersökt sälars i relation till födoval eller predation (2 004 st.). Målsättningen med den andra kombinationen av sökord var att ringa in de referenser som relaterat sälvariabler med fiskvariabler (1 352 st.). Sökningarna gav totalt 2 448 unika artiklar vars titlar och abstracts behöver läsas för att avgöra innehåll. Referenserna kategoriseras i olika grupper för att kunna sammanställa resultat från sökningen. En sådan här strukturerad referenssökning kan ligga till grund för att göra en metaanalys, där man väger samman resultat från flera studier för att undersöka variationer i effekter. Det är av stor vikt att sökningen är strukturerad då man vill undvika att studier av en viss karaktär kommer med medan andra kanske missas.

För att få en idé om huruvida det finns några användbara studier för en metaanalys begränsades sökningen genom att låta sökorden återfinnas i både titel och abstract. Den sökningen gav 224 artiklar för den första kombinationen av sökord och 14 för den andra. Av dem var 21 dubletter och 27 utanför ämnesområdet. Totalt gav sökningen 190 referenser där titel och abstract lästes. Hela 171 referenser hanterade sälars födoval (kvantifierade predationen) eller undersökte predationsbeteende utan att undersöka effekter på fisk. Nitton artiklar bedömdes undersöka effekter av sälens predation på fisk, mest genom modelleringar men även med

telemetrimärkning, tidsserier eller predationsreducering. Av dessa 19 artiklar finns 12 med i litteratursammanställningen från de olika geografiska områdena (tabell 1-4). Ytterst få av de studier som presenteras i litteratursammanställningen identifierades alltså i sökningarna till en metaanalys. Av de sju publikationer som inte finns med i litteratursammanställningen var den ena en bioekonomisk modellering (Trijoulet m.fl. 2018a), två var från Stilla Havskusten (Wright m.fl. 2007; Nelson m.fl. 2024) och tre var studentarbeten (varav två på franska). Ytterligare en artikel som identifierades i sökningen bedömdes som irrelevant för litteratursammanställningen, dels eftersom den utvärderade olika metoder för att minska förekomsten av säl i en laxälv och dels eftersom den var utförd på Kanadas västkust (Yurk & Trites 2000).

De 19 artiklarna som identifierades återstår att granska mer ingående och utvärdera om de presenterar data som går att använda i en metaanalys, det vill säga om det går att utläsa eller beräkna en effektstorlek utifrån resultaten. Effektstorlekarna läggs sedan samman i en metaanalys för att undersöka hur den gemensamma effekten ser ut och hur effekten varierar med till exempel sälart, fiskart, metodik etc. (Ovegård m.fl. 2021). Information om hur effekten av sälpredation varierar ger viktig vägledning i förvaltningen av både säl och fisk. Från den begränsade sökningen, kunde det konstateras att det är värt att gå vidare och göra en fullständig metaanalys. Sökningen indikerar även att forskningen borde riktas in mer på effektstudier som statistiskt testar vilka effekter säl har på fisk.

Slutsatser

Kunskapsläget om sälars effekter på fisk och *vice versa* i svenska vatten är mycket begränsat. Från Västerhavet saknas i stort sett helt undersökningar av dynamiken mellan sälar och fiskpopulationer och många av de modelleringsstudier som tillämpats på Östersjöns ekosystem gjordes för flera år sedan när såväl fiskpopulationernas som sälpopulationernas storlekar, utbredningar, status och populationsutvecklingar var annorlunda än nu (tabell 1-2). Allteftersom kunskapsläget om sälarnas ekologi förbättras bör analyser av interaktioner mellan säl och fisk vidareutvecklas. I den mån det är möjligt bör man dessutom eftersträva att sätta effekter av säl på fisk i relation till andra faktorer av betydelse för de aktuella fiskpopulationerna. En effektiv och ekosystembaserad förvaltning kan inte enbart ha fokus på sälpredation, utan behöver eftersträva ett helhetsperspektiv och försöka identifiera de påverkansfaktorer som har störst inverkan på fiskbestånden. Eventuella förvaltningsåtgärder bör vara vetenskapligt motiverade och etiskt försvarbara, men även adaptiva samt uppföljningsbara och kunskapsuppbyggande.

Kunskapssammanställningen visar på komplexiteten i marina ekosystem och utmaningarna med att försöka ta reda på hur och i vilken omfattning sälar påverkar olika fiskpopulationer. Det är uppenbart att det går att plocka ut ett antal vetenskapliga publikationer som visar på negativa effekter av sälpredation på fiskpopulationer. Men det är även fullt möjligt att hänvisa till publikationer som visar att sälpredationen inte har någon negativ inverkan, eller rent av positiv inverkan, på fiskpopulationer (tabell 1-4). Förhoppningen med denna sammanställning är att den kan underlätta för intressenter att sätta sig in i ämnet om interaktioner mellan säl och fisk och orientera sig bland de undersökningar som gjorts och deras metoder och resultat.

Såväl naturliga processer som mänsklig påverkan har betydelse för fiskpopulationer. På grund av kombinationen av direkta och indirekta effekter, vars styrkor varierar, är det svårt att isolera effekter av sälars predation på en viss fiskpopulation från andra faktorer och interaktioner som påverkar fiskpopulationer och ekosystem.

För en fiskpopulation är det den sammanlagda dödligheten som är avgörande, d.v.s. den kumulativa påverkan från flera olika påverkansfaktorer. Ofta är det dock svårt

att definiera och skilja olika påverkansfaktorer åt. Även osäkerheterna kopplade till uppskattningar av sälars effekter på fisk kan fortplanta sig och vara kumulativa. Som en konsekvens kan resultatens osäkerhetsintervall öka när man går från uppskattningar av dietens art- och storlekssammansättning via kvantifiering av sälarnas konsumtion av olika åldersklasser till effekter på fiskpopulationer. Detta kan leda till att osäkerheterna blir stora gällande hur påverkan från säl förhåller sig till effekter från andra påverkansfaktorer som vanligtvis också är förknippade med stora osäkerheter. Därför behövs resultat av hög kvalitet om de interaktioner som pågår i ekosystemet och som är av betydelse för de fiskpopulationer man är intresserad av.

Marina ekosystem är aldrig enkla tvåartssystem begränsade till en sälpopulation som äter av en fiskpopulation. Om en viktig bytesart i sälarnas diet har negativ inverkan på andra fiskarter kan predation från säl till och med vara gynnsam för vissa fiskarter. Även i ett till synes enkelt ekosystem kan en förändring av antalet sälar därför leda till att en fiskpopulation ökar i storlek medan en annan istället minskar genom interaktioner inom och mellan fiskpopulationer, t.ex. konkurrens och predation (Yodzis 2001). Toppredatorer anses ha strukturerande och stabiliserande effekter på marina ekosystem och en minskning av antalet sälar skulle därför kunna leda till populationsfluktuationer på lägre trofiska nivåer i ekosystemet. I Östersjön finns dock tecken på att toppredatorerna gräsäl och storskarv istället kan bidra till ekosystemförändringar genom att de påverkar populationer av abborre och gädda negativt vilket kan leda till ökad förekomst av storspigg och förändringar på lägre trofinivåer (Olin m.fl. 2024).

Utöver vissa av modelleringsstudierna finns andra undersökningar som konstaterat effekter av sälpredation på fiskpopulationer, men som istället för modelleringar har utgått från kvantifieringar av fiskuttag. Dessa beräkningar visar på potentialen i sälars konsumtion av fisk, men extrapolerar ofta osäkra uppskattningar mellan olika geografiska och tidsmässiga skalor, och hänvisar ofta till korrelationer mellan abundans av sälar och provfiskeresultat. Eftersom riktade och tidsmässigt relevanta studier av effekter av sälpredation på fiskpopulationer i svenska vatten saknas bör sådana undersökningar initieras. Både olika varianter av modelleringsstudier och studier som utgår från kvantifiering av sälars uttag av olika arter och storlekar av fisk i svenska vatten bör uppdateras och vidareutvecklas i takt med att nya relevanta data kommer fram om sälpopulationernas födoval tillsammans med information om populationernas fördelning mellan olika områden.

Förvånansvärt få av de studier som analyserat interaktioner och dynamik mellan säl och fisk identifierades i referenssökningarna till en metaanalys, vilket begränsar möjligheterna att väga ihop resultat från flera olika studier. Trots det begränsade urvalet vore det intressant att gå vidare med en metaanalys av sälars inverkan på

fiskpopulationer. Många av de studier som utförts är olika varianter av modelleringar som till stor del inte fångades upp i referenssökningarna. Det vore även intressant att jämföra resultat från olika modelleringsverktyg samt att utvärdera vilka antaganden som gjorts i modellerna och hur dessa kan påverka resultaten.

Kunskapsbehov

Även om sälpopulationer har kapacitet att äta stora mängder fisk och även om det är minst sagt utmanade att utröna sälars effekter på specifika fiskpopulationer bör fortsatt forskning sträva efter att försöka utvärdera hur påverkan från säl förhåller sig till andra faktorer som påverkar fiskpopulationerna. Forskningen bör sträva efter att ta fram vetenskapligt underbyggd information och bidra med faktabaserade underlag till de konflikter som uppstår mellan olika intressen och förvaltningsmål kopplade till säl, fiskar och fiske. Sådan information är nödvändig för att skilja fakta från gissningar samt för att diskutera kompromisser mellan intressen och för att ge relevant stöd till förvaltningen (IUCN 1981). Ökad kunskap om interaktioner mellan säl- och fiskpopulationer i olika områden och bättre förståelse av ekosystemens dynamik kan erhållas med hjälp av olika undersökningsmetoder (Lundström m.fl. 2024):

Information om sälars *födoval* och *kroppskondition* är grundläggande underlag om kopplingarna mellan sälarna och övriga ekosystemet. Kompletterande underlag om sälarnas *antal* och *populationsutveckling*, *geografiska fördelning* och *rörelsemönster* är nödvändigt för att kunna göra kvantitativa beräkningar av sälarnas ekologiska roller. Studier med inriktning på sälars ekologiska roller kan med fördel samordnas med studier som fokuserar på *fiskekologi* för att bättre förstå den ekologiska dynamiken i olika områden, till exempel interaktioner inom och mellan fiskpopulationer, bland annat för att förstå indirekta effekter av sälpredation. *Jämförande studier* kan, till exempel, jämföra sälars födoval med provfiskedata, eller sälars uttag av olika arter och storlekar av fisk i ett område med fiskets uttag och/eller fiskproduktionen i samma område. Jämförelser kan även göras av fisksamhällens art- och storleksammansättning eller beteende hos fisk mellan områden med respektive utan säl/få säl. *Tidsserieanalyser* kan användas för att undersöka hur förändringar i fisksamhällen korrelerar till förändringar i sälpopulationen (t.ex. antal eller födoval). *Modelleringar* i form av matematiska beräkningar av interaktioner i födoväven, såsom flerartsmodelleringar, kan användas för att undersöka hur säl påverkar fiskpopulationer och/eller påverkas av förändringar i fiskpopulationer, samt hur olika fiskpopulationer påverkar varandra. Sälpredation kan även inkluderas i beståndsanalyser för fisk för att relatera påverkan från sälpredation till påverkan från fiske och utveckla rådgivning

och kvotsättning. *Naturliga experiment* och *experimentella studier*, t.ex. där man följer förändringar i fiskpopulationer och ekosystem i takt med att närvaro och predation från säl ökar eller minskar eller helt tas bort. *Metaanalys* innebär att resultaten från ett större antal studier sammanställs och kombineras för en sammanvägd bedömning, till exempel av sälars påverkan på fiskpopulationer. *Märkningsstudier* av säl och fisk kan användas för att undersöka beteendet hos sälar och fiskar, till exempel hur fiskar betar sig i närvaro av sälar eller vilka områden och habitat som är viktiga för sälarnas födosök. Fiskmärkningsstudier kan även ge information om predationstrycket på en fiskpopulation.

Var och en av dessa metoder har sina styrkor och svagheter, och olika metoder kan bidra med olika typer av information (Lundström m.fl. 2024). Gemensamt för dem är dock att övervakning och uppföljning, och ofta referensområden, är nödvändiga. Information om hur såväl de aktuella fiskpopulationerna förändras som hur sälpopulationerna och andra relevanta påverkansfaktorer förändras är angeläget för att kunna dra slutsatser om sälarnas betydelse i de ekosystem som studeras. Dessa andra påverkansfaktorer kan dessutom variera över tid och skilja sig åt mellan områden. Om inte viktiga påverkansfaktorer kan skiljas åt finns annars risk för att det inte går att avgöra om förändringarna i en fiskpopulation beror på andra faktorer än sälpredation eller om det finns ett orsakssamband eller inte i korrelationer mellan säl- och fiskrelaterade variabler. Slutsatser från modelleringsstudier begränsas ofta av tillgången på data om de aktuella säl- och fiskpopulationerna samt av de antaganden som görs och tillgången på studier för en metaanalys visade sig begränsas av brist på statistiska tester (Ovegård m.fl. 2021; Lundström m.fl. 2024).

Referenser

- Aarts, G., Brasseur, S., Poos, J.J., Schop, J., Kirkwood, R., van Kooten, T., Mul, E., Reijnders, P., Rijnsdorp, A.D. & Tulp, I. (2019). Top-down pressure on a coastal ecosystem by harbor seals. *Ecosphere*, 10(1), e02538. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2538>
- Ainley, D.G. & Ballard, G. (2012). Non-consumptive factors affecting foraging patterns in Antarctic penguins: a review and synthesis. *Polar Biology*, 35(1), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s00300-011-1042-x>
- Albertsen, C.M., Perälä, T., Cardinale, M., Winker, H. & Trijoulet, V. (2025). Rebuilding and Reference Points Under Compensatory and Depensatory Recruitment: A Meta-Analysis of Northeast Atlantic Fish Stocks. *Fish and Fisheries*, 26(1), 171-192. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/faf.12872>
- Alexander, K.A., Heymans, J.J., Magill, S., Tomczak, M.T., Holmes, S.J. & Wilding, T.A. (2015). Investigating the recent decline in gadoid stocks in the west of Scotland shelf ecosystem using a foodweb model. *Ices Journal of Marine Science*, 72(2), 436-449. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu149>
- Alfaro-Lucas, J.M., Shimabukuro, M., Ogata, I.V., Fujiwara, Y. & Sumida, P.Y.G. (2018). Trophic structure and chemosynthesis contributions to heterotrophic fauna inhabiting an abyssal whale carcass. *Marine Ecology Progress Series*, 596, 1-12. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v596/p1-12/>
- Alheit, J., Mollmann, C., Dutz, J., Kornilovs, G., Loewe, P., Mohrholz, V. & Wasmund, N. (2005). Synchronous ecological regime shifts in the central Baltic and the North Sea in the late 1980s. *Ices Journal of Marine Science*, 62(7), 1205-1215. <https://doi.org/10.1016/j.icejms.2005.04.024>
- Allee, W.C. & Bowen, E.S. (1932). Studies in animal aggregations: Mass protection against colloidal silver among goldfishes. *Journal of Experimental Zoology*, 61(2), 185-207. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jez.1400610202>
- Alós, J., Palmer, M. & Arlinghaus, R. (2012). Consistent Selection towards Low Activity Phenotypes When Catchability Depends on Encounters among Human Predators and Fish. *PLoS ONE*, 7(10), e48030. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0048030>
- Alves, F., Alessandrini, A., Servidio, A., Mendonça, A., Hartman, K.L., Prieto, R., Berrow, S., Magalhães, S., Steiner, L.A., Rui, M.B.d.S., Ferreira, R., Pérez, J.M., Ritter, F., Dinis, A., Martín, V., Silva, M. & Soto, N.A.d. (2018). Complex Biogeographical Patterns Support an Ecological Connectivity Network of a Large Marine Predator in the North-east Atlantic. *Diversity and Distributions*, 25(2), 269-284. <https://doi.org/10.1111/ddi.12848>

- Anderson, D.M., Priest, G., Collins, S.A. & MacIsaac, J.L. (2020). Nutritional evaluation of seal by-products as an alternative protein source for use in monogastric animals. *Canadian Journal of Animal Science*, 100(1), 77-84. <https://doi.org/10.1139/cjas-2019-0055>
- Anon. (1993). Cod crisis: are seals part of the problem? *International Marine Mammal Association Inc. Technical Briefing/Exposé Technique No.*, 93-01, 11 pp.
- Araújo, J.N. & Bundy, A. (2012). Effects of environmental change, fisheries and trophodynamics on the ecosystem of the western Scotian Shelf, Canada. *Marine Ecology Progress Series*, 464, 51-67. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v464/p51-67/>
- Arreguín-Sánchez, F. (1996). Catchability: a key parameter for fish stock assessment. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 6(2), 221-242. <https://doi.org/10.1007/BF00182344>
- Atkinson, D.B. & Bennett, B. (1994). Proceedings of a northern cod workshop held in St. John's, Newfoundland, Canada, 27–29 January 1993. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences 1999. Department of Fisheries and Oceans, St. John's, Newfoundland, Canada., 85 pp.
- Atlantic Seal Science Task Team (2022). Report of the Atlantic Seal Science Task Team. 22.
- Auttila, M., Niemi, M., Skrzypczak, T., Viljanen, M. & Kunnasranta, M. (2014). Estimating and Mitigating Perinatal Mortality in the Endangered Saimaa Ringed Seal (*Phoca hispida saimensis*) in a Changing Climate. *Annales Zoologici Fennici*, 51(6), 526-534, 9. <https://doi.org/10.5735/086.051.0601>
- Baden, S., Emanuelsson, A., Pihl, L., Svensson, C.J. & Åberg, P. (2012). Shift in seagrass food web structure over decades is linked to overfishing. *Marine Ecology Progress Series*, 451, 61-73. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v451/p61-73/>
- Bakun, A. (2006). Wasp-waist populations and marine ecosystem dynamics: Navigating the “predator pit” topographies. *Progress in Oceanography - PROG OCEANOGR*, 68, 271-288. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2006.02.004>
- Banga, R., Russell, D., Carter, M., Chaudry, F. & Gilles, A. (2022a). Grey Seal Pup Production. *In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the Northeast Atlantic*. OSPAR Commission, London. Available at: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/grey-seal-pup-production/>.
- Banga, R., Russell, D., Carter, M., Chaudry, F., Gilles, A., Abel, C., Ahola, M., Authier, M., Bjørge, A., Brasseur, S., Carlsson, A., Carlstrom, J., Christensen, A., Dinis, A., Engene, N., Galatius, A., Geelhoed, S., Granquist, S., Haelters, J., Jess, A., Morris, C., Murphy, S., Ó Cadhla, O., Persson, S., Pierce, G., Poncet, S., Rosing-Asvid, A., Saavedra, C., Taylor, N., Teixeira, A., van Neer, A., Vasconcelos, R. & Cincin, C. (2022b). Seal Abundance and Distribution. *In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the Northeast Atlantic*. OSPAR Commission, London. Available at: <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/seal-abundance-and-distribution>.

- Baskett, M.L. (2006). Prey Size Refugia and Trophic Cascades in Marine Reserves. *Marine Ecology Progress Series*, 328, 285-293.
<https://doi.org/10.3354/meps328285>
- Baudron, A.R., Serpetti, N., Fallon, N.G., Heymans, J.J. & Fernandes, P.G. (2019). Can the common fisheries policy achieve good environmental status in exploited ecosystems: The west of Scotland demersal fisheries example. *Fisheries Research*, 211, 217-230.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.10.024>
- Bauer, B., Gustafsson, B.G., Hyytiäinen, K., Meier, H.E.M., Müller-Karulis, B., Saraiva, S. & Tomczak, M.T. (2019a). Food web and fisheries in the future Baltic Sea. *Ambio*, 48(11), 1337-1349. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01229-3>
- Bauer, B., Horbowy, J., Rahikainen, M., Kulatska, N., Müller-Karulis, B., Tomczak, M.T. & Bartolino, V. (2019b). Model uncertainty and simulated multispecies fisheries management advice in the Baltic Sea. *PLoS ONE*, 14(1), e0211320.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0211320>
- Bauer, B., Meier, H.E.M., Casini, M., Hoff, A., Margoński, P., Orio, A., Saraiva, S., Steenbeek, J. & Tomczak, M.T. (2018). Reducing eutrophication increases spatial extent of communities supporting commercial fisheries: a model case study. *Ices Journal of Marine Science*, 75(4), 1306-1317.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy003>
- Baum, J.K. & Worm, B. (2009). Cascading top-down effects of changing oceanic predator abundances. *Journal of Animal Ecology*, 78(4), 699-714.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2009.01531.x>
- Bax, N.J. (1991). A comparison of the fish biomass flow to fish, fisheries, and mammals in six marine ecosystems. *ICES mar. Sci. Symp*, 193, 217-224.
<https://doi.org/10.17895/ices.pub.19270517.v1>
- Bax, N.J. (1998). The significance and prediction of predation in marine fisheries. *Ices Journal of Marine Science*, 55(6), 997-1030. <Go to ISI>://000077980200003
- Beaugrand, G., Edwards, M., Brander, K., Luczak, C. & Ibanez, F. (2008). Causes and projections of abrupt climate-driven ecosystem shifts in the North Atlantic. *Ecology Letters*, 11(11), 1157-1168. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01218.x>
- Beck, C.A., Iverson, S.J., Bowen, W.D. & Blanchard, W. (2007). Sex differences in grey seal diet reflect seasonal variation in foraging behaviour and reproductive expenditure: evidence from quantitative fatty acid signature analysis. *Journal of Animal Ecology*, 76(3), 490-502. <Go to ISI>://000245608900008
- Behrens, J.W., Andersen, N.G., Huwer, B., T., M.I., Krüger-Johnsen, M., Neuenfeldt, S., Plambech Ryberg, M., Skov, P.V., Sokolova, M., Storr-Paulsen, M. & Vendramin, N. (2024). Liver worm (*Contracaecum osculatatum*) in Eastern Baltic cod: growth, status, effects and biological information – input to management (TESLO & TORVÆKST). *DTU Aqua-rapport*, 464-2024, 56 pp.
<https://doi.org/https://doi.org/10.11581/DTU.00000353>
- Benoit, D., Simard, Y., Gagne, J., Geoffroy, M. & Fortier, L. (2010). From polar night to midnight sun: photoperiod, seal predation, and the diel vertical migrations of

- polar cod (*Boreogadus saida*) under landfast ice in the Arctic Ocean. *Polar Biology*, 33(11), 1505-1520. <https://doi.org/10.1007/s00300-010-0840-x>
- Benoît, H.P. & Swain, D.P. (2008). Impacts of environmental change and direct and indirect harvesting effects on the dynamics of a marine fish community. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(10), 2088-2104. <https://doi.org/10.1139/F08-112>
- Benoit, H.P., Swain, D.P., Bowen, W.D., Breed, G.A., Hammill, M.O. & Harvey, V. (2011). Evaluating the potential for grey seal predation to explain elevated natural mortality in three fish species in the southern Gulf of St. Lawrence. *Marine Ecology-Progress Series*, 442, 149-167. <https://doi.org/10.3354/meps09454>
- Berg, F., Kvamme, C. & Nash, R.D.M. (2022). The Dynamics of 0-Group Herring *Clupea harengus* and Sprat *Sprattus sprattus* Populations Along the Norwegian Skagerrak Coast. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.831500>
- Bergström, U., Berkström, C., Sköld, M., Börjesson, P., Eggertsen, M., Fetterplace, L., Florin, A.-B., Fredriksson, R., Fredriksson, S., Kraufvelin, P., Lundström, K., Nilsson, J., Ovegård, M., Perry, D., Sacre, E., Sundelöf, A., Wikström, A. & Wennhage, H. (2022a). Long-term effects of no-take zones in Swedish waters. *Aqua reports*, 2022:20, 289 pp.
- Bergström, U., Larsson, S., Erlandsson, M., Ovegård, M., Ragnarsson Stabo, H., Östman, Ö. & Sundblad, G. (2022b). Long-term decline in northern pike (*Esox lucius* L.) populations in the Baltic Sea revealed by recreational angling data. *Fisheries Research*, 251, 106307. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106307>
- Beverton, R.J.H. (1985). Analysis of marine mammal-fisheries interaction. In *Marine mammals and fisheries. Edited by J. R. Beddington, R. J. H. Beverton and D. M. Lavigne. George Allen and Unwin Ltd, London*, 3-33.
- Birgersson, L., Söderström, S. & Belhaj, M. (2022). The decline of cod in the Baltic Sea - A review of biology, fisheries and management, including recommendations for cod recovery. The Fisheries Secretariat, Stockholm, Sweden. 112 pp.
- Bjørge, A., Bekkby, T., Bakkestuen, V. & Framstad, E. (2002). Interactions between harbour seals, *Phoca vitulina*, and fisheries in complex coastal waters explored by combined Geographic Information System (GIS) and energetics modelling. *Ices Journal of Marine Science*, 59, 29-42.
- Blanchet, M.-A., Primicerio, R., Frainer, A., Kortsch, S., Skern-Mauritzen, M., Dolgov, A.V. & Aschan, M. (2019). The role of marine mammals in the Barents Sea foodweb. *Ices Journal of Marine Science*, 76(Supplement_1), i37-i53. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz136>
- Blomquist, J., Jensen, F., Waldo, S., Flaaten, O. & Holma, M.K. (2022). Joint management of marine mammals and a fish species: The case of cod and grey seals in the Nordic-Baltic Sea countries. *Natural Resource Modeling*, 35(4), e12341. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/nrm.12341>

- Blöcker, A.M., Gutte, H.M., Bender, R.L., Otto, S.A., Sguotti, C. & Möllmann, C. (2023). Regime shift dynamics, tipping points and the success of fisheries management. *Scientific Reports*, 13(1), 289. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-27104-y>
- Bogstad, B., Haug, T. & Mehl, S. (2000). Who eats whom in the Barents Sea? *NAMMCO Scientific Publications*, 2(0), 98-119. <https://doi.org/10.7557/3.2975>
- Bolund, E., Andersson, M., Bergström, L., Östman, Ö., Olsson, J., Olin, M., Lappalainen, A., Saks, L., Svirgsden, R., Briekmane, L., Kruze, E., Dainys, J., Lozys, L., Zolubas, T., Lejk, A., Dziemian, L. & Brown, E.J. (2024). Status of coastal fish communities in the Baltic Sea 2016-2020 - the fourth thematic assessment. *Baltic Sea Environment Proceedings*, 199, 66 pp.
- Bonsdorff, E. (2006). Zoobenthic diversity-gradients in the Baltic Sea: Continuous post-glacial succession in a stressed ecosystem. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 330(1), 383-391. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2005.12.041>
- Bossier, S., Palacz, A.P., Nielsen, J.R., Christensen, A., Hoff, A., Maar, M., Gislason, H., Bastardie, F., Gorton, R. & Fulton, E.A. (2018). The Baltic Sea Atlantis: An integrated end-to-end modelling framework evaluating ecosystem-wide effects of human-induced pressures. *PLoS ONE*, 13(7), e0199168. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199168>
- Bousquet, N., Chassot, E., Duplisea, D.E. & Hammill, M.O. (2014). Forecasting the Major Influences of Predation and Environment on Cod Recovery in the Northern Gulf of St. Lawrence. *PLoS ONE*, 9(2), e82836. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0082836>
- Bowen, W.D. (1997). Role of marine mammals in aquatic ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 158, 267-274.
- Bowen, W.D. (2000). Reconstruction of pinniped diets: accounting for complete digestion of otoliths and cephalopod beaks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57, 898-905.
- Bowen, W.D. (2023). Brief to the Senate Committee on seal populations in Canada 10 pp.
- Bowen, W.D., Beck, C.A., Iverson, S.J., Austin, D. & McMillan, J.I. (2006). Linking predator foraging behaviour and diet with variability in continental shelf ecosystems: grey seals of eastern Canada. In Boyd, I., Wanless, S. and Camphuysen, C. J. (eds) *Top Predators in marine ecosystems. Their role in monitoring and management*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 63-81.
- Boyd, I.L. & Hammond, P.S. (2010). Seals and fish stocks in Scottish waters. Directorate-General for Internal Policies. Policy Department. Structural and Cohesion Policies. European Parliament. IP/B/PECH/NT/2010-116, 38 pp.
- Boyd, I.L. & Murray, A.W.A. (2001). Monitoring a marine ecosystem using responses of upper trophic level predators. *Journal of Animal Ecology*, 70(5), 747-760. <https://doi.org/10.1046/j.0021-8790.2001.00534.x>

- Brown, E.G., Pierce, G.J., Hislop, J.R.G. & Santos, M.B. (2001). Interannual variation in the summer diets of harbour seals *Phoca vitulina* at Mousa, Shetland (UK). *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 81, 325-337.
- Bryhn, A.C., Bergek, S., Bergström, U., Casini, M., Dahlgren, E., Ek, C., Hjelm, J., Königson, S., Ljungberg, P., Lundström, K., Lunneryd, S.G., Ovegård, M., Sköld, M., Valentinsson, D., Vitale, F. & 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.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106154>
- Buchmann, K. (2023). Seals, fish, humans and parasites in the Baltic: ecology, evolution and history. *Folia Parasitol (Praha)*, 70. <https://doi.org/10.14411/fp.2023.011>
- Buchmann, K. & Kania, P. (2012). Emerging Pseudoterranova decipiens (Krabbe, 1878) problems in Baltic cod, *Gadus morhua* L., associated with grey seal colonization of spawning grounds. *Journal of Fish Diseases*, 35(11), 861-866.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.2012.01409.x>
- Buchmann, K. & Mehrdana, F. (2016). Effects of anisakid nematodes *Anisakis simplex* (s.l.), *Pseudoterranova decipiens* (s.l.) and *Contracaecum osculatum* (s.l.) on fish and consumer health. *Food and Waterborne Parasitology*, 4, 13-22.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fawpar.2016.07.003>
- Bundy, A. (2001). Fishing on ecosystems: the interplay of fishing and predation in Newfoundland-Labrador. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(6), 1153-1167. <Go to ISI>://000168890500011
- Bundy, A. (2004). Mass balance models of the Eastern Scotian Shelf before and after the cod collapse and other ecosystem changes. *Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2520, 193 pp.
- Bundy, A. (2005). Structure and functioning of the eastern Scotian Shelf ecosystem before and after the collapse of groundfish stocks in the early 1990s. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(7), 1453-1473.
<https://doi.org/10.1139/f05-085>
- Bundy, A. & Fanning, L.P. (2005). Can Atlantic cod (*Gadus morhua*) recover? Exploring trophic explanations for the non-recovery of the cod stock on the eastern Scotian Shelf, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(7), 1474-1489. <https://doi.org/10.1139/f05-086>
- Bundy, A., Heymans, J.J., Morissette, L. & Savenkoff, C. (2009). Seals, cod and forage fish: A comparative exploration of variations in the theme of stock collapse and ecosystem change in four Northwest Atlantic ecosystems. *Progress in Oceanography*, 81(1-4), 188-206. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.04.010>
- Buren, A.D., Koen-Alonso, M. & Stenson, G.B. (2014). The role of harp seals, fisheries and food availability in driving the dynamics of northern cod. *Marine Ecology Progress Series*, 511, 265-284. <https://doi.org/10.3354/meps10897>
- Burrows, M.T., Gibson, R.N. & Maclean, A. (1994). Effects of endogenous rhythms and light conditions on foraging and predator-avoidance in juvenile plaice. *Journal of Fish Biology*, 45(sA), 171-180. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1994.tb01091.x>

- Butler, J.R.A., Middlemas, S.J., Graham, I.M. & Harris, R.N. (2011). Perceptions and costs of seal impacts on Atlantic salmon fisheries in the Moray Firth, Scotland: Implications for the adaptive co-management of seal-fishery conflict. *Marine Policy*, 35(3), 317-323. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.10.011>
- Butler, J.R.A., Middlemas, S.J., Graham, I.M., Thompson, P.M. & Armstrong, J.D. (2006). Modelling the impacts of removing seal predation from Atlantic salmon, *Salmo salar*, rivers in Scotland: a tool for targeting conflict resolution. *Fisheries Management and Ecology*, 13(5), 285-291. <Go to ISI>://000240149300002
- Butterworth, D.S., Punt, A.E., Oosthuizen, W.H. & Wickens, P.A. (1995). The effects of future consumption by the Cape fur seal on catches and catch rates of the Cape hakes .3. Modelling the dynamics of the Cape fur seal *Arctocephalus pusillus pusillus*. *South African Journal of Marine Science-Suid-Afrikaanse Tydskrif Vir Seewetenskap*, 16, 161-183. <Go to ISI>://A1995UY86100014
- Byström, P., Bergström, U., Hjalten, A., Ståhl, S., Jonsson, D. & Olsson, J. (2015). Declining coastal piscivore populations in the Baltic Sea: Where and when do sticklebacks matter? *Ambio*, 44, S462-S471. <https://doi.org/10.1007/s13280-015-0665-5>
- Capuzzo, E., Lynam, C.P., Barry, J., Stephens, D., Forster, R.M., Greenwood, N., McQuatters-Gollop, A., Silva, T., van Leeuwen, S.M. & Engelhard, G.H. (2018). A decline in primary production in the North Sea over 25 years, associated with reductions in zooplankton abundance and fish stock recruitment. *Global Change Biology*, 24(1), E352-E364. <https://doi.org/10.1111/gcb.13916>
- Cardinale, M. & Modin, J. (1999). Changes in size-at-maturity of Baltic cod (*Gadus morhua*) during a period of large variations in stock size and environmental conditions. *Fisheries Research*, 41(3), 285-295. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(99\)00021-1](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0165-7836(99)00021-1)
- Carter, T.J., Pierce, G.J., Hislop, J.R.G., Houseman, J.A. & Boyle, P.R. (2001). Predation by seals on salmonids in two Scottish estuaries. *Fisheries Management and Ecology*, 8, 207-225.
- Casey, J.M., Baird, A.H., Brandl, S.J., Hoogenboom, M.O., Rizzari, J.R., Frisch, A.J., Mirbach, C.E. & Connolly, S.R. (2016). A Test of Trophic Cascade Theory: Fish and Benthic Assemblages Across a Predator Density Gradient on Coral Reefs. *Oecologia*, 183(1), 161-175. <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3753-8>
- Casini, M., Hjelm, J., Molinero, J.-C., Lövgren, J., Cardinale, M., Bartolino, V., Belgrano, A. & Kornilovs, G. (2009). Trophic cascades promote threshold-like shifts in pelagic marine ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(1), 197-202. <https://doi.org/doi:10.1073/pnas.0806649105>
- Casini, M., Käll, F., Hansson, M., Plikshs, M., Baranova, T., Karlsson, O., Lundström, K., Neuenfeldt, S., Gårdmark, A. & Hjelm, J. (2016). Hypoxic areas, density-dependence and food limitation drive the body condition of a heavily exploited marine fish predator. *Royal Society Open Science*, 3(10), 160416. <https://doi.org/doi:10.1098/rsos.160416>
- Casini, M., Lovgren, J., Hjelm, J., Cardinale, M., Molinero, J.C. & Kornilovs, G. (2008). Multi-level trophic cascades in a heavily exploited open marine ecosystem.

- Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 275(1644), 1793-1801.
<Go to ISI>://000256709700012
- Caskenette, A. & Crawford, S.S. (2008). The effect of Grey Seal population dynamics on Atlantic Cod abundance in the southern Gulf of St. Lawrence, with a focus on foraging restriction. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.25243927.v1>
- Casper, B.M., Smith, M.E., Halvorsen, M.B., Sun, H., Carlson, T.J. & Popper, A.N. (2013). Effects of exposure to pile driving sounds on fish inner ear tissues. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*, 166(2), 352-60.
<https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2013.07.008>
- CBCL Limited (2009). Logistical evaluation of options to manage the grey seal population on Sable Island. Report prepared for Fisheries and Oceans Canada. 68 pp.
- Charbonneau, J.A., Keith, D.M. & Hutchings, J.A. (2018). Trends in the size and age structure of marine fishes. *Ices Journal of Marine Science*, 76(4), 938-945.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy180>
- Chassot, E., Caskenette, A., Duplisea, D., Hammill, M., Bourdages, H., Lambert, Y. & Stenson, G.B. (2007). A model of predation by harp seals (*Phoca groenlandica*) on the northern Gulf of St. Lawrence stock of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Science Advisory Secretariat Research Document*, 2007/066, 56 pp.
- Chassot, E., Duplisea, D., Hammill, M., Caskenette, A., Bousquet, N., Lambert, Y. & Stenson, G. (2009). Role of predation by harp seals *Pagophilus groenlandicus* in the collapse and non-recovery of northern Gulf of St. Lawrence cod *Gadus morhua*. *Marine Ecology-Progress Series*, 379, 279-297.
<https://doi.org/10.3354/meps07897>
- Chavez-Rosales, S., Lyssikatos, M.C. & Hatch, J. (2018). Estimates of cetacean and pinniped bycatch in northeast and mid-Atlantic bottom trawl fisheries, 2012–2016. *NOAA Tech Memo NMFS-NE*, 250, 22.
- Choi, J.S., Frank, K.T., Leggett, W.C. & Drinkwater, K. (2004). Transition to an alternate state in a continental shelf ecosystem. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(4), 505-510.
- Chouinard, G.A., Swain, D.P., Hammill, M.O. & Poirier, G.A. (2005). Covariation between grey seal (*Halichoerus grypus*) abundance and natural mortality of cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(9), 1991-2000. <Go to ISI>://000231889800006
- Christensen, V. & Walters, C.J. (2004). Ecopath with Ecosim: methods, capabilities and limitations. *Ecological Modelling*, 172(2), 109-139.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2003.09.003>
- Clarke, L.Z., Plourde, I.A., Gaydos, J.K. & Olson, J.K. (2016). ATTEMPTED PREDATION OF A HARBOR SEAL PUP ("PHOCA VITULINA") BY AN AMERICAN MINK ("NEOVISON VISON") IN THE SALISH SEA. *Northwestern Naturalist*, 97(3), 260-262. <http://www.jstor.org/stable/26382459> [2024/12/19/]

- Clemente, S., Hernández, J.C. & Brito, A. (2008). Evidence of the top–down role of predators in structuring sublittoral rocky-reef communities in a Marine Protected Area and nearby areas of the Canary Islands. *Ices Journal of Marine Science*, 66(1), 64-71. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn176>
- Collie, J.S. (2001). Fisheries: Multispecies Dynamics. I: Steele, J.H. red.) *Encyclopedia of Ocean Sciences (Second Edition)*. Academic Press. 505-512. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-012374473-9.00456-2>
- Connell, S.D. (2002). Effects of a predator and prey on a foraging reef fish: implications for understanding density-dependent growth. *Journal of Fish Biology*, 60(6), 1551-1561. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2002.tb02447.x>
- Conrad, J. & Bjørndal, T. (1991). A Bioeconomic Model of the Harp Seal in the Northwest Atlantic. *Land Economics*, 67(2), 158-171. <https://doi.org/10.2307/3146408>
- Cook, R.M., Holmes, S.J. & Fryer, R.J. (2015). Grey seal predation impairs recovery of an over-exploited fish stock. *Journal of Applied Ecology*, 52(4), 969-979. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12439>
- Cook, R.M. & Trijoulet, V. (2016). The effects of grey seal predation and commercial fishing on the recovery of a depleted cod stock. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73(9), 1319-1329. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2015-0423>
- Cooley, S., Schoeman, D., Bopp, L., Boyd, P., Donner, S., Ito, S.-i., Kiessling, W., Martinetto, P., Ojea, E., Racault, M.-F., Rost, B., Skern-Mauritzen, M., Yemane, D. & Bell, J. (2022). Oceans and Coastal Ecosystems and their Services. I.
- Costalago, D., Bauer, B., Tomczak, M.T., Lundström, K. & Winder, M. (2019). The necessity of a holistic approach when managing marine mammal–fisheries interactions: Environment and fisheries impact are stronger than seal predation. *Ambio*, 48(6), 552-564. <https://doi.org/10.1007/s13280-018-1131-y>
- Courchamp, F., Clutton-Brock, T. & Grenfell, B. (1999). Inverse density dependence and the Allee effect. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(10), 405-410. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(99\)01683-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-5347(99)01683-3)
- Cowx, I.G. (2002). Analysis of Threats to Freshwater Fish Conservation: Past and Present Challenges. In: Collares-Pereira, M.J., Cowx, I.G. and Coelho, M.M., Eds., *Conservation of Freshwater Fish: Options for the Future*, Blackwell Science, Oxford. 201-220.
- Croll, D.A., Tershy, B.R., Hewitt, R.P., Demer, D.A., Fiedler, P.C., Smith, S.E., Armstrong, W., Popp, J.M., Kiekhefer, T., Lopez, V.R., Urban, J. & Gendron, D. (1998). An integrated approach to the foraging ecology of marine birds and mammals. *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, 45(7), 1353-+. [https://doi.org/10.1016/s0967-0645\(98\)00031-9](https://doi.org/10.1016/s0967-0645(98)00031-9)
- Cronin, M., Jessopp, M., Houle, J. & Reid, D. (2014). Fishery-seal interactions in Irish waters: Current perspectives and future research priorities. *Marine Policy*, 44, 120-130. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2013.08.015>
- Daskalov, G.M., Grishin, A.N., Rodionov, S. & Mihneva, V. (2007). Trophic cascades triggered by overfishing reveal possible mechanisms of ecosystem regime shifts.

- Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(25), 10518-10523.
<https://doi.org/doi:10.1073/pnas.0701100104>
- Demaster, D.P. & Sisson, J.E. (1992). Pros and Cons of Pinniped Management Along the North American Coast to Abet Fish Stocks. I: McCullough, D.R. & Barrett, R.H. (ed.) *Wildlife 2001: Populations*. Springer Netherlands. 321-330.
https://doi.org/10.1007/978-94-011-2868-1_27
- Devred, E., Hilborn, A. & den Heyer, C.E. (2021). Enhanced chlorophyll-a concentration in the wake of Sable Island, eastern Canada, revealed by two decades of satellite observations: a response to grey seal population dynamics? *Biogeosciences*, 18(23), 6115-6132. <https://doi.org/10.5194/bg-18-6115-2021>
- DFO (2003). Proceedings of the zonal assessment meeting - Atlantic cod. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Proceed. Ser.*, 2003/021, 133 pp.
- DFO (2008). Proceedings of the National Workshop on the Impacts of Seals on Fish Populations in Eastern Canada (Part 1). 12-16 November 2007. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Proceed. Ser.*, 2008/021, 150 pp.
- DFO (2009). Proceedings of the National Workshop on the Impacts of Seals on Fish Populations in Eastern Canada (Part 2). 24-28 November 2008. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Proceed. Ser.*, 2009/020, 136 pp.
- DFO (2011). Impacts of grey seals on fish populations in eastern Canada. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep.*, 2010/071, 48 pp.
- DFO (2019). Assessment of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence (NAFO Div. 4T-4Vn (Nov. – April)) to 2018. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep.*, 2019/021, 20 pp.
- DFO (2023). Assessment of the Northern Gulf of St. Lawrence (3Pn, 4RS) Atlantic Cod Stock in 2022. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep.*, 2023/035, 20 pp.
- DFO (2024). Southern Gulf of St. Lawrence, NAFO Division 4T-4VN (November-April), Atlantic Cod (*Gadus morhua*) Stock Assessment to 2023. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep.*, 2024/026, 11 pp.
- Diaz, R.J. & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891), 926-9. <https://doi.org/10.1126/science.1156401>
- Dietz, R., Fort, J., Sonne, C., Albert, C., Bustnes, J.O., Christensen, T.K., Ciesielski, T.M., Danielsen, J., Dastnai, S., Eens, M., Erikstad, K.E., Galatius, A., Garbus, S.-E., Gilg, O., Hanssen, S.A., Helander, B., Helberg, M., Jaspers, V.L.B., Jenssen, B.M., Jónsson, J.E., Kauhala, K., Kolbeinsson, Y., Kyhn, L.A., Labansen, A.L., Larsen, M.M., Lindstøm, U., Reiertsen, T.K., Rigét, F.F., Roos, A., Strand, J., Strøm, H., Sveegaard, S., Søndergaard, J., Sun, J., Teilmann, J., Therkildsen, O.R., Thórarinnsson, T.L., Tjørnløv, R.S., Wilson, S. & Eulaers, I. (2021). A risk assessment of the effects of mercury on Baltic Sea, Greater North Sea and North Atlantic wildlife, fish and bivalves. *Environment International*, 146, 106178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106178>
- Dill, L.M., Heithaus, M.R. & Walters, C.J. (2003). BEHAVIORALLY MEDIATED INDIRECT INTERACTIONS IN MARINE COMMUNITIES AND THEIR

- CONSERVATION IMPLICATIONS. *Ecology*, 84(5), 1151-1157.
[https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[1151:bmiim\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[1151:bmiim]2.0.co;2)
- Donadi, S., Austin, A.N., Bergström, U., Eriksson, B.K., Hansen, J.P., Jacobson, P., Sundblad, G., van Regteren, M. & Eklöf, J.S. (2017). A cross-scale trophic cascade from large predatory fish to algae in coastal ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 284(1859), 20170045.
<https://doi.org/ARTN 2017004510.1098/rspb.2017.0045>
- Doughty, C.E., Roman, J., Faurby, S., Wolf, A., Haque, A., Bakker, E.S., Malhi, Y., Dunning, J.B. & Svenning, J.-C. (2016). Global nutrient transport in a world of giants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(4), 868.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1502549112>
- Duignan, P.J., Van Bresseem, M.-F., Baker, J.D., Barbieri, M., Colegrove, K.M., De Guise, S., De Swart, R.L., Di Guardo, G., Dobson, A., Duprex, W.P., Early, G., Fauquier, D., Goldstein, T., Goodman, S.J., Grenfell, B., Groch, K.R., Gulland, F., Hall, A., Jensen, B.A., Lamy, K., Matassa, K., Mazzariol, S., Morris, S.E., Nielsen, O., Rotstein, D., Rowles, T.K., Saliki, J.T., Siebert, U., Waltzek, T. & Wellehan, J.F.X. (2014). Phocine Distemper Virus: Current Knowledge and Future Directions. *Viruses*, 6(12), 5093-5134. <https://www.mdpi.com/1999-4915/6/12/5093>
- Duplisea, D.E. (2005). Running the gauntlet: the predation environment of small fish in the northern Gulf of St Lawrence, Canada. *Ices Journal of Marine Science*, 62(3), 412-416. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2004.11.005>
- Durant, J.M., Hjermmann, D.O., Frederiksen, M., Charrassin, J.B., Le Maho, Y., Sabarros, P.S., Crawford, R.J.M. & Stenseth, N.C. (2009). Pros and cons of using seabirds as ecological indicators. *Climate Research*, 39(2), 115-129.
<https://doi.org/10.3354/cr00798>
- Durant, S. & Harwood, J. (1986). The effects of hunting on ringed seals (*Phoca hispida*) in the Baltic. *ICES CM*, 1986/N:10.
<https://doi.org/10.17895/ices.pub.27302439.v1>
- Eero, M., Andersen, N.G., Berg, C.W., Christensen, A., Hansen, J.H., Kjær Hansen, K., Hüsey, K., Kristensen, K., Kroner, A.-M., Kindt-Larsen, L., Lund, H., Lundström, K., Mortensen, L.O., Neuenfeldt, S., Olsen, M.T., Ravn, P. & Tomkiewicz, J. (2019). Eastern Baltic cod—New knowledge on growth and mortality. Institut for Akvatiske Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet. DTU Aqua Report, No. 341-2019. 82 pp.
- Eero, M., Brander, K., Baranova, T., Krumme, U., Radtke, K. & Behrens, J.W. (2023). New insights into the recent collapse of Eastern Baltic cod from historical data on stock health. *PLoS ONE*, 18(5), e0286247.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286247>
- Eero, M., Hjelm, J., Behrens, J., Buchmann, K., Cardinale, M., Casini, M., Gasyukov, P., Holmgren, N., Horbowy, J., Hüsey, K., Kirkegaard, E., Kornilovs, G., Krumme, U., Köster, F.W., Oeberst, R., Plikshs, M., Radtke, K., Raid, T., Schmidt, J., Tomczak, M.T., Vinther, M., Zimmermann, C. & Storr-Paulsen, M. (2015). Eastern Baltic cod in distress: biological changes and challenges for stock

- assessment. *Ices Journal of Marine Science*, 72(8), 2180-2186.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsv109>
- Eero, M., Köster, F.W. & MacKenzie, B.R. (2008). Reconstructing historical stock development of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the eastern Baltic Sea before the beginning of intensive exploitation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(12), 2728-2741. <https://doi.org/10.1139/f08-176>
- Eero, M., MacKenzie, B.R., Köster, F.W. & Gislason, H. (2011). Multi-decadal responses of a cod (*Gadus morhua*) population to human-induced trophic changes, fishing, and climate. *Ecol Appl*, 21(1), 214-26.
<https://doi.org/10.1890/09-1879.1>
- Einoder, L.D. (2009). A review of the use of seabirds as indicators in fisheries and ecosystem management. *Fisheries Research*, 95(1), 6-13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2008.09.024>
- Eklöf, J.S., Sundblad, G., Erlandsson, M., Donadi, S., Hansen, J.P., Eriksson, B.K. & Bergström, U. (2020). A spatial regime shift from predator to prey dominance in a large coastal ecosystem. *Communications Biology*, 3(1), 459.
<https://doi.org/10.1038/s42003-020-01180-0>
- Elmgren, R. (1989). Man's impact on the ecosystem of the Baltic Sea: energy flows today and at the turn of the century. *Ambio*, 18(6), 326-332.
- Emeis, K.-C., van Beusekom, J., Callies, U., Ebinghaus, R., Kannen, A., Kraus, G., Kröncke, I., Lenhart, H., Lorkowski, I., Matthias, V., Möllmann, C., Pätsch, J., Scharfe, M., Thomas, H., Weisse, R. & Zorita, E. (2015). The North Sea — A shelf sea in the Anthropocene. *Journal of Marine Systems*, 141, 18-33.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2014.03.012>
- Engelhard, G.H., Peck, M.A., Rindorf, A., Smout, S., van Deurs, M., Raab, K., Andersen, K.H., Garthe, S., Lauerburg, R.A.M., Scott, F., Brunel, T., Aarts, G., van Kooten, T. & Dickey-Collas, M. (2014). Forage fish, their fisheries, and their predators: who drives whom? *Ices Journal of Marine Science*, 71(1), 90-104.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fst087>
- Eriksson, B.K., Bergström, U., Govers, L.L. & Eklöf, J.S. (2024). 4.2 - Trophic Cascades in Coastal Ecosystems. I: Baird, D. & Elliott, M. red.) *Treatise on Estuarine and Coastal Science (Second Edition)*. Academic Press. 5-49.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-323-90798-9.00006-8>
- Eriksson, B.K., Ljunggren, L., Sandström, A., Johansson, G., Mattila, J., Rubach, A., Råberg, S. & Snickars, M. (2009). Declines in predatory fish promote bloom-forming macroalgae. *Ecological Applications*, 19(8), 1975-1988.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1890/08-0964.1>
- Eriksson, B.K., Sieben, K., Eklöf, J., Ljunggren, L., Olsson, J., Casini, M. & Bergström, U. (2011). Effects of Altered Offshore Food Webs on Coastal Ecosystems Emphasize the Need for Cross-Ecosystem Management. *Ambio*, 40(7), 786-797.
<https://doi.org/10.1007/s13280-011-0158-0>
- Estes, J.A., Heithaus, M., McCauley, D.J., Rasher, D.B. & Worm, B. (2016). Megafaunal Impacts on Structure and Function of Ocean Ecosystems. *Annual Review of*

- Environment and Resources*, 41(1), 83-116. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-110615-085622>
- Estes, J.A., Tinker, M.T., Williams, T.M. & Doak, D.F. (1998). Killer whales predation on sea otters linking oceanic and nearshore ecosystems. *Science*, 282, 473-476.
- Fallows, C., Gallagher, A.J. & Hammerschlag, N. (2013). White sharks (*Carcharodon carcharias*) scavenging on whales and its potential role in further shaping the ecology of an apex predator. *PLoS ONE*, 8(4), e60797-e60797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0060797>
- Fanning, L.P., Mohn, R.K. & MacEachern, W.J. (2003). Assessment of 4VsW cod to 2002. *Canadian Science Advisory Secretariat Research Document*, 2003/027, 45 pp.
- Fogarty, M.J. & Siskey, M.R. (2019). Dynamics of Exploited Marine Fish Populations☆. I: Cochran, J.K., Bokuniewicz, H.J. & Yager, P.L. red.) *Encyclopedia of Ocean Sciences (Third Edition)*. Academic Press. 338-347. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.11364-8>
- Foster, E., Watson, J., Lemay, M.A., Tinker, M.T., Estes, J.A., Piercey, R., Henson, L., Ritland, C., Miscampbell, A., Nichol, L., Hessing-Lewis, M., Salomon, A.K. & Darimont, C.T. (2021). Physical disturbance by recovering sea otter populations increases eelgrass genetic diversity. *Science*, 374(6565), 333-336. <https://doi.org/doi:10.1126/science.abf2343>
- Frank, K.T. & Brickman, D. (2000). Allee effects and compensatory population dynamics within a stock complex. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(3), 513-517. <https://doi.org/10.1139/f00-024>
- Frank, K.T., Petrie, B., Choi, J.S. & Leggett, W.C. (2005). Trophic cascades in a formerly cod-dominated ecosystem. *Science*, 308(5728), 1621-1623. <https://doi.org/10.1126/science.1113075>
- Frank, K.T., Petrie, B., Fisher, J.A.D. & Leggett, W.C. (2011). Transient dynamics of an altered large marine ecosystem. *Nature*, 477(7362), 86-U98. <https://doi.org/10.1038/nature10285>
- Frederiksen, M., Furness, R.W. & Wanless, S. (2007). Regional variation in the role of bottom-up and top-down processes in controlling sandeel abundance in the North Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 337, 279-286. <https://doi.org/10.3354/meps337279>
- Frigstad, H., Kaste, Ø., Deininger, A., Kvalsund, K., Christensen, G., Bellerby, R.G.J., Sørensen, K., Norli, M. & King, A.L. (2020). Influence of Riverine Input on Norwegian Coastal Systems. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00332>
- Fu, C., Mohn, R. & Fanning, L.P. (2001). Why the Atlantic cod (*Gadus morhua*) stock off eastern Nova Scotia has not recovered. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 58, 1613-1623.
- Furness, R.W. (2002). Management implications between fisheries and sandeel-dependent seabirds and seals in the North Sea. *Ices Journal of Marine Science*, 59, 261-269.

- Gabel, M., Theisen, S., Palm, H.W., Dähne, M. & Unger, P. (2021). Nematode Parasites in Baltic Sea Mammals, Grey Seal (*Halichoerus grypus* (Fabricius, 1791)) and Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena* (L.)), from the German Coast. *Acta Parasitologica*, 66(1), 26-33. <https://doi.org/10.1007/s11686-020-00246-7>
- Galatius, A., Teilmann, J., Olsen, M.T. & van Beest, F.M. (2021). Response to Kiełpińska and Kowalski: A stab in a self-imposed darkness. *Ecological Indicators*, 127, 107808. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107808>
- Gascoigne, J.C. & Lipcius, R.N. (2004). Allee effects driven by predation. *Journal of Applied Ecology*, 41(5), 801-810. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.0021-8901.2004.00944.x>
- Gaston, K.J. & Rodrigues, A.S. (2003). Reserve selection in regions with poor biological data. *Conservation Biology*, 17(1), 188-195.
- Gazit, T., Lidgard, D. & Sykes, K. (2013). Changing Environments: Tracking the Scientific, Socio-political, Legal, and Ethical Currents of the Grey Seal-Cod Debate in Atlantic Canada. *Journal of International Wildlife Law & Policy*, 16(4), 266-299. <https://doi.org/10.1080/13880292.2013.805070>
- Gerber, L.R., Morissette, L., Kaschner, K. & Pauly, D. (2009). Should Whales Be Culled to Increase Fishery Yield? *Science*, 323(5916), 880-881. <https://doi.org/doi:10.1126/science.1169981>
- Gibble, C. & Harvey, J. (2015). Food habits of harbor seals (*Phoca vitulina richardii*) as an indicator of invasive species in San Francisco Bay, California. *Marine Mammal Science*, 31. <https://doi.org/10.1111/mms.12214>
- Gilbert, L., Spitz, J. & Jeanniard-du-Dot, T. (2024). Pack-ice seals contribute to biological transfers of iron in the Southern Ocean. *Polar Biology*, 47(9), 903-919. <https://doi.org/10.1007/s00300-023-03198-6>
- Gill, A.B., Degraer, S., Lipsky, A., Mavraki, N., Methratta, E. & Brabant, R. (2020). Setting the Context for Offshore Wind Development Effects on Fish and Fisheries. Special Issue on Understanding the Effects of Offshore Wind Energy Development on Fisheries. *Oceanography* 33, 118-127.
- Gilljam, D. (2024). Biologisk beståndsbedömning för siklöja i Bottenviken. In Fisk- och skaldjursbestånd i hav och sötvatten. Resursöversikt 2023. <https://fiskbarometern.se/rapport/2023>.
- Gilljam, D.G., Cardinale, M., Lundström, K. & Kaljuste, O. (2022). Biologiskt kunskapsunderlag för siklöja i Bottenviken 2023. Institutionen för akvatiska resurser, Sveriges lantbruksuniversitet; Uppsala. SLU.aqua.2023.4.6-286.
- Glemarec, G., Kroner, A.-M. & Kindt-Larsen, L. (2024). Disappearing fish: Grey seal depredation in a Baltic net fishery. *Fisheries Research*, 277, 107070. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.107070>
- Goedegebuure, M., Melbourne-Thomas, J., Corney, S.P., Hindell, M.A. & Constable, A.J. (2017). Beyond big fish: The case for more detailed representations of top predators in marine ecosystem models. *Ecological Modelling*, 359, 182-192. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2017.04.004>

- Grellier, K. & Hammond, P.S. (2006). Robust digestion and passage rate estimates for hard parts of grey seal (*Halichoerus grypus*) prey. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63, 1982-1998.
- Grémillet, D., Lewis, S., Drapeau, L., Carl, D.v.d.L., Huggett, J.A., Coetzee, J.C., Verheye, H.M., Daunt, F., Wanless, S. & Ryan, P.G. (2008). Spatial Match–mismatch in the Benguela Upwelling Zone: Should We Expect Chlorophyll and Sea-surface Temperature to Predict Marine Predator Distributions? *Journal of Applied Ecology*, 45(2), 610-621. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01447.x>
- Gulland, J.A. (1987). The impact of seals on fisheries. *Marine Policy*.
- Gustafsson, B. & Stigebrandt, A. (1996). Dynamics of the freshwater-influenced surface layers in the Skagerrak. *Journal of Sea Research*, 35(1-3), 39-53. [https://doi.org/10.1016/S1385-1101\(96\)90733-9](https://doi.org/10.1016/S1385-1101(96)90733-9)
- Gårdmark, A., Östman, Ö., Nielsen, A., Lundström, K., Karlsson, O., Ponni, J. & Aho, T. (2012). Does predation by grey seals (*Halichoerus grypus*) affect Bothnian Sea herring stock estimates? *Ices Journal of Marine Science*, 69(8), 1448-1456. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss099>
- Haarder, S., Kania, P.W., Galatius, A. & Buchmann, K. (2014). Increased *Contracaecum osculatum* infection in Baltic cod (*Gadus morhua*) livers (1982-2012) associated with increasing grey seal (*Halichoerus grypus*) populations. *Journal of Wildlife Diseases*, 50(3), 537-543. <https://doi.org/10.7589/2012-12-320>
- Hafsteinsson, H. & Rizvi, S.S.H. (1987). A Review of the Sealworm Problem: Biology, Implications and Solutions. *J Food Prot*, 50(1), 70-84. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-50.1.70>
- Halliday, R.G. & Pinhorn, A.T. (2009). The roles of fishing and environmental change in the decline of Northwest Atlantic groundfish populations in the early 1990s. *Fisheries Research*, 97(3), 163-182. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2009.02.004>
- Halpern, B.S., Frazier, M., Afflerbach, J., Lowndes, J.S., Micheli, F., O'Hara, C., Scarborough, C. & Selkoe, K.A. (2019). Recent pace of change in human impact on the world's ocean. *Scientific Reports*, 9(1), 11609. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47201-9>
- Halpern, B.S., Frazier, M., Potapenko, J., Casey, K.S., Koenig, K., Longo, C., Lowndes, J.S., Rockwood, R.C., Selig, E.R., Selkoe, K.A. & Walbridge, S. (2015). Spatial and temporal changes in cumulative human impacts on the world's ocean. *Nature Communications*, 6(1), 7615. <https://doi.org/10.1038/ncomms8615>
- Hamilton, M., Robinson, J.P.W., Benkwitt, C.E., Wilson, S.K., MacNeil, M.A., Ebrahim, A. & Graham, N.A.J. (2022). Climate impacts alter fisheries productivity and turnover on coral reefs. *Coral Reefs*, 41(4), 921-935. <https://doi.org/10.1007/s00338-022-02265-4>
- Hamilton, P.B., Cowx, I.G., Oleksiak, M.F., Griffiths, A.M., Grahn, M., Stevens, J.R., Carvalho, G.R., Nicol, E. & Tyler, C.R. (2016). Population-level consequences for wild fish exposed to sublethal concentrations of chemicals – a critical review.

- Fish and Fisheries*, 17(3), 545-566.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/faf.12125>
- Hammar, L., Wikström, A. & Molander, S. (2014). Assessing ecological risks of offshore wind power on Kattegat cod. *Renewable Energy*, 66, 414-424.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.12.024>
- Hammill, M.O. & Mohn, B. (1994). A model of grey seal predation on Atlantic cod on the Scotian Shelf and Gulf of St. Lawrence. *Department of Fisheries and Oceans Research Document*, 94/75, 25 pp.
- Hammill, M.O. & Stenson, G.B. (2000). Estimated prey consumption by harp seals (*Phoca groenlandica*), hooded seals (*Cystophora cristata*), grey seals (*Halichoerus grypus*) and harbour seals (*Phoca vitulina*) in Atlantic Canada. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.*, 26, 1-23.
- Hammill, M.O., Stenson, G.B., Swain, D.P. & Benoit, H.P. (2014). Feeding by grey seals on endangered stocks of Atlantic cod and white hake. *Ices Journal of Marine Science*, 71(6), 1332-1341. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsu123>
- Hammill, M.O. & Swain, D.P. (2011). A Controlled Experiment (Strawman draft) to Test the Impact of Removals of Grey Seals on the Mortality of Southern Gulf Cod. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.*, 2011/013, vi + 12 p.
- Hammill, M.O., Swain, D.P., Stenson, G.B., Harvey, V. & Benoit, H.P. (2010). Is Predation By Grey Seals A Major Component Of The Elevated Natural Mortality Of Cod In The Gulf Of St. Lawrence? *ICES CM*, 2010/C:03, 1-19.
- Hammond, P.S. & Grellier, K. (2006). Grey seal diet composition and prey consumption in the North sea. Final report to Department for Environment Food and Rural Affairs on project MF0319. 54 pp.
- Hammond, P.S. & Harris, R.N. (2006). Grey seal diet composition and prey consumption off western Scotland and Shetland. *Final report to Scottish Executive Environment and Rural Affairs Department and Scottish Natural Heritage*, 41 pp.
- Hammond, P.S. & Wilson, L.J. (2016). Grey Seal Diet Composition and Prey Consumption. *Scottish Marine and Freshwater Science Report*, 70(20), 47 pp.
<https://doi.org/DOI:10.7489/1799-1>
- Hansen, B.J.L. & Harding, K.C. (2006). On the potential impact of harbour seal predation on the cod population in the eastern North Sea. *Journal of Sea Research*, 56(4), 329-337. <Go to ISI>://000242787900006
- Hansson, S., Bergström, U., Bonsdorff, E., Härkönen, T., Jepsen, N., Kautsky, L., Lundström, K., Lunneryd, S.-G., Ovegård, M., Salmi, J., Sendek, D. & Vetemaa, M. (2017). Competition for the fish – fish extraction from the Baltic Sea by humans, aquatic mammals, and birds. *Ices Journal of Marine Science*, fsx207-fsx207. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx207>
- Hansson, S., Hjerne, O., Harvey, C., Kitchell, J.F., Cox, S.P. & Essington, T.E. (2007). Managing Baltic Sea fisheries under contrasting production and predation regimes: Ecosystem model analyses. *Ambio*, 36(2-3), 265-271. <Go to ISI>://000246324000023

- Hansson, S., Kautsky, L., Bergström, U., Bonsdorff, E., Jepsen, N., Lundström, K., Lunneryd, S.-G., Ovegård, M., Salmi, J., Sendek, D. & Vetemaa, M. (2018). Response to comments by Heikinheimo m.fl. (in press) on Hansson m.fl. (2018): competition for the fish - fish extraction from the Baltic Sea by humans, aquatic mammals, and birds. *Ices Journal of Marine Science*, 75(5), 1837-1839. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy087>
- Harding, K.C., Salmon, M., Teilmann, J., Dietz, R. & Härkönen, T. (2018). Population Wide Decline in Somatic Growth in Harbor Seals - Early Signs of Density Dependence. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6(59). <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00059>
- Harris, L. (1990). Independent review of the state of the northern cod stock. Communications Directorate, Department of Fisheries and Oceans, Ottawa, Ontario. 154 pp.
- Harvey, C.J., Cox, S.P., Essington, T.E., Hansson, S. & Kitchell, J.F. (2003). An ecosystem model of food web and fisheries interactions in the Baltic Sea. *Ices Journal of Marine Science*, 60, 939-950.
- Harvey, V., Hammill, M.O., Swain, D.P., Breed, G.A., Lydersen, C. & Kovacs, K.M. (2012). Winter foraging by a top predator, the grey seal *Halichoerus grypus*, in relation to the distribution of prey. *Marine Ecology-Progress Series*, 462, 273-286. <https://doi.org/10.3354/meps09844>
- Harwood, J. (1978). The Effect of Management Policies on the Stability and Resilience of British Grey Seal Populations. *Journal of Applied Ecology*, 15(2), 413-421. <https://doi.org/10.2307/2402601>
- Harwood, J. (1992). Assessing the competitive effects of marine mammal predation on commercial fisheries. *South African Journal of Marine Science*, 12(1), 689-693. <https://doi.org/10.2989/02577619209504733>
- Harwood, J. & Croxall, J.P. (1988). The Assessment of Competition between Seals and Commercial Fisheries in the North-Sea and the Antarctic. *Marine Mammal Science*, 4(1), 13-33. <Go to ISI>://A1988L923900002
- Harwood, J. & Walton, M. (2002). Interactions between seals and commercial fisheries in the North-East Atlantic. Final Report to the Committee on Fisheries of the European Parliament. *Fisheries Series*, FISH 110 EN, 144 pp.
- Haug, T. & Nilssen, K.T. (1995). Ecological implications of harp seal *Phoca groenlandica* invasions in northern Norway. In *Whales, seals, fish and man*. A.S. Blix, L. Walloe and O. Ulltang, editors. *Proceedings of the International Symposium on the Biology of Marine Mammals in the North East Atlantic, Tromso, Norway, 29 Nov.-1 Dec. 1994*, 545-556.
- Hauser, D.D.W., Allen, C.S., Rich Jr., H.B. & Quinn, T.P. (2008). Resident harbor seals (*Phoca vitulina*) in Iliamna Lake, Alaska: summer diet and partial consumption of adult sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Aquatic Mammals*, 34(3), 303-309.
- Havenhand, J.N., Filipsson, H.L., Niiranen, S., Troell, M., Crépin, A.-S., Jagers, S., Langlet, D., Matti, S., Turner, D., Winder, M., de Wit, P. & Anderson, L.G. (2019). Ecological and functional consequences of coastal ocean acidification:

- Perspectives from the Baltic-Skagerrak System. *Ambio*, 48(8), 831-854.
<https://doi.org/10.1007/s13280-018-1110-3>
- Havs- och vattenmyndigheten (2021). Åtgärdsfaktablad 46 (ÅPH 46): Behovsstyrd områdesspecifik begränsning av rovdjur; gråsäl i Östersjön, knubbsäl i Västerhavet och storskarv, för att stödja åtgärder med syfte att återuppbygga lokala kustfisksamhällen. I Marin strategi för Nordsjön och Östersjön. Åtgärdsprogram för havsmiljön 2022-2027 enligt havsmiljöförordningen. 341-345.
- Havs- och vattenmyndigheten (2024). Marin strategi för Nordsjön och Östersjön 2024–2029. Bedömning av miljötillstånd och socioekonomisk analys. *Havs- och vattenmyndigheten Rapport*, 2024:12, 172 pp.
- Hayward, J.L. (2009). Bald Eagle Predation on Harbor Seal Pups. *Northwestern Naturalist*, 90(1), 51-53. <http://www.jstor.org/stable/20628115> [2024/10/15/]
- Hazen, E.L., Abrahms, B., Brodie, S., Carroll, G., Jacox, M.G., Savoca, M.S., Scales, K.L., Sydeman, W.J. & Bograd, S.J. (2019). Marine Top Predators as Climate and Ecosystem Sentinels. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(10), 565-574. <https://doi.org/10.1002/fee.2125>
- Hazen, E.L., Jorgensen, S.J., Rykaczewski, R.R., Bograd, S.J., Foley, D.G., Jonsen, I.D., Shaffer, S.A., Dunne, J., Costa, D.P., Crowder, L.B. & Block, B.A. (2012). Predicted Habitat Shifts of Pacific Top Predators in a Changing Climate. *Nature Climate Change*, 3(3), 234-238. <https://doi.org/10.1038/nclimate1686>
- Heath, M.R., Speirs, D.C. & Steele, J.H. (2013). Understanding Patterns and Processes in Models of Trophic Cascades. *Ecology Letters*, 17(1), 101-114.
<https://doi.org/10.1111/ele.12200>
- Heide-Jørgensen, M.P. & Härkönen, T.J. (1988). Rebuilding seal stocks in the Kattegat-Skagerrak. *Marine Mammal Science*, 4(3), 231-246.
- Heikinheimo, O., Lehtonen, H. & Lehikoinen, A. (2018). Comment to Hansson, S. m.fl. (2017): “Competition for the fish – fish extraction from the Baltic Sea by humans, aquatic mammals, and birds”, with special reference to cormorants, perch, and pikeperch. *Ices Journal of Marine Science*, 75(5), 1832-1836.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy054>
- Heithaus, M.R., Frid, A., Wirsing, A.J. & Worm, B. (2008). Predicting ecological consequences of marine top predator declines. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(4), 202-210. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.01.003>
- HELCOM (2023). State of the Baltic Sea. Third HELCOM holistic assessment 2016-2021. Baltic Sea Environment. *HELCOM Proceedings*, 194.
- Henriksson, S., Pereyra, R.T., Sodeland, M., Ortega-Martinez, O., Knutsen, H., Wennhage, H. & André, C. (2022). Mixed origin of juvenile Atlantic cod (*Gadus morhua*) along the Swedish west coast. *Ices Journal of Marine Science*, 80(1), 145-157. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac220>
- Herbert, N. & Steffensen, J. (2005). The response of Atlantic cod, *Gadus morhua*, to progressive hypoxia: Fish swimming speed and physiological stress. *Marine Biology*, 147, 1403-1412. <https://doi.org/10.1007/s00227-005-0003-8>

- Herzog, I., Wohlsein, P., Preuss, A., Gorb, S.N., Pigeault, R., Ewers, C., Prenger-Berninghoff, E., Siebert, U. & Lehnert, K. (2024). Heartworm and seal louse: Trends in prevalence, characterisation of impact and transmission pathways in a unique parasite assembly on seals in the North and Baltic Sea. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 23, 100898. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2023.100898>
- Hilborn, R., Hively, D.J., Loke, N.B., de Moor, C.L., Kurota, H., Kathena, J.N., Mace, P.M., Minto, C., Parma, A.M., Quiroz, J.-C. & Melnychuk, M.C. (2021). Global status of groundfish stocks. *Fish and Fisheries*, 22(5), 911-928. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/faf.12560>
- Hindell, M., Bradshaw, C., Harcourt, R. & Guinet, C. (2003). Ecosystem monitoring: are seals a potential tool for monitoring change in marine systems? In M. H. Nick Gales (Ed.), *Marine mammals: fisheries, tourism and management issues*. CSIRO Publishing. 330-343.
- Holling, C. (1978). *Adaptive Environmental Assessment and Management*. Chichester, UK, John Wiley and Sons. Institute of Resource Ecology, University of British Columbia.
- Hollowed, A.B., Ianelli, J.N. & Livingston, P.A. (2000). Including predation mortality in stock assessments: a case study for Gulf of Alaska walleye pollock. *Ices Journal of Marine Science*, 57(2), 279-293. <https://doi.org/10.1006/jmsc.1999.0637>
- HOLMA, M., LINDROOS, M. & OINONEN, S. (2014). THE ECONOMICS OF CONFLICTING INTERESTS: NORTHERN BALTIC SALMON FISHERY ADAPTION TO GRAY SEAL ABUNDANCE. *Natural Resource Modeling*, 27(3), 275-299. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/nrm.12034>
- Holmes, S.J. & Fryer, R.J. (2011). Significance of seal feeding on cod west of Scotland - results from a state space stock assessment model. *ICES CM*, 2011/I:22, 19 pp.
- Holt, R.D. (1977). Predation, apparent competition, and the structure of prey communities. *Theor Popul Biol*, 12(2), 197-29. [https://doi.org/10.1016/0040-5809\(77\)90042-9](https://doi.org/10.1016/0040-5809(77)90042-9)
- Holt, S. & Lavigne, D. (1982). Seals slaughtered - science abused. *New Scientist*, 11, 636-639.
- Hooker, S.K. & Gerber, L.R. (2004). Marine reserves as a tool for ecosystem-based management: the potential importance of megafauna. *Bioscience*, 54(1), 27-39.
- Horbowy, J., Podolska, M. & Nadolna-Ałtyn, K. (2016). Increasing occurrence of anisakid nematodes in the liver of cod (*Gadus morhua*) from the Baltic Sea: Does infection affect the condition and mortality of fish? *Fisheries Research*, 179, 98-103. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2016.02.011>
- Hosia, A., Falkenhaug, T. & Naustvoll, L.J. (2014). Trends in abundance and phenology of *Aurelia aurita* and *Cyanea* spp. at a Skagerrak location, 1992-2011. *Marine Ecology Progress Series*, 498, 103-115. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v498/p103-115/>
- Houle, J.E., de Castro, F., Cronin, M.A., Farnsworth, K.D., Gosch, M. & Reid, D.G. (2016). Effects of seal predation on a modelled marine fish community and

- consequences for a commercial fishery. *Journal of Applied Ecology*, 53(1), 54-63. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12548>
- Houstin, A., Zitterbart, D.P., Heerah, K., Eisen, O., Planas-Bielsa, V., Fabry, B. & Bohec, C.L. (2022). Juvenile Emperor Penguin Range Calls for Extended Conservation Measures in the Southern Ocean. *Royal Society Open Science*, 9(8). <https://doi.org/10.1098/rsos.211708>
- Hughes, B.B., Beheshti, K.M., Tinker, M.T., Angelini, C., Endris, C., Murai, L., Anderson, S.C., Espinosa, S., Staedler, M., Tomoleoni, J.A., Sanchez, M. & Silliman, B.R. (2024). Top-predator recovery abates geomorphic decline of a coastal ecosystem. *Nature*, 626(7997), 111-118. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06959-9>
- Hulthén, K., Chapman, B.B., Nilsson, P.A., Hansson, L.-A., Skov, C., Brodersen, J., Vinterstare, J. & Brönmark, C. (2017). A predation cost to bold fish in the wild. *Scientific Reports*, 7(1), 1239. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-01270-w>
- Hutchings, J.A. (1996). Spatial and temporal variation in the density of northern cod and a review of hypotheses for the stock's collapse. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53(5), 943-962. <https://doi.org/10.1139/f96-097>
- Hutchings, J.A. & Rangeley, R.W. (2011). Correlates of recovery for Canadian Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Canadian Journal of Zoology*, 89(5), 386-400. <https://doi.org/10.1139/z11-022>
- Hutchings, J.A. & Reynolds, J.D. (2004). Marine Fish Population Collapses: Consequences for Recovery and Extinction Risk. *Bioscience*, 54(4), 297-309. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0297:Mfpcf\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0297:Mfpcf]2.0.Co;2)
- Hüssy, K., Eero, M. & Radtke, K. (2018). Faster or slower: has growth of eastern Baltic cod changed? *Marine Biology Research*, 14(6), 598-609. <https://doi.org/10.1080/17451000.2018.1502446>
- Hårding, K.C. & Härkönen, T.J. (1999). Development in the Baltic grey seal (*Halichoerus grypus*) and ringed seal (*Phoca hispida*) populations during the 20th century. *Ambio*, 28(7), 619-625.
- Härkönen, T. (1987). Seasonal and regional variations in the feeding habits of the harbour seal, *Phoca vitulina*, in the Skagerrak and the Kattegat. *Journal of Zoology (London)*, 213, 535-543.
- Härkönen, T. (1988). Food-habitat relationship of harbour seals and black cormorants in Skagerrak and Kattegatt. *Journal of Zoology (London)*, 214, 673-681.
- Härkönen, T. (2010). Seals and fish stocks in the north-east Atlantic. Directorate-General for Internal Policies. Policy Department. Structural and Cohesion Policies. European Parliament. IP/B/PECH/NT/2010-118, 38 pp.
- Härkönen, T., Dietz, R., Reijnders, P., Teilmann, J., Harding, K., Hall, A., Brasseur, S., Siebert, U., Goodman, S.J., Jepson, P.D., Dau Rasmussen, T. & Thompson, P.M. (2006). A review of the 1988 and 2002 phocine distemper virus epidemics in European harbour seals. *Dis. Aquat. Org.*, 68, 115-130.
- Härkönen, T. & Heide-Jørgensen, M.-P. (1991). The harbour seal *Phoca vitulina* as a predator in the Skagerrak. *Ophelia*, 34(3), 191-207.

- ICES (1981). Interaction between grey seal populations and fish species. *ICES Cooperative Research Report*, 101.
- ICES (2006). Report of the Working Group on Marine Mammal Ecology (WGMME), 30 January - 2 February 2006, ICES Headquarters. ACE:06. 55 pp.
- ICES (2013). Report of the ICES Advisory Committee 2013. ICES Advice, 2013. Book 5. Celtic Sea and West of Scotland. 416 pp.
- ICES (2015). Report of the Working Group on Marine Mammal Ecology (WGMME), 9–12 February 2015, London, UK. ICES CM 2015/ACOM:25. 114 pp.
- ICES (2017). Report of the Benchmark Workshop on Baltic Stocks (WKBALT), 7–10 February 2017, Copenhagen, Denmark. ICES CM 2017/ACOM:30. 108 pp.
- ICES (2018). Report of the Working Group on Marine Mammal Ecology (WGMME), 19–22 February 2018, La Rochelle, France. ICES CM 2018/ACOM:28. 120 pp.
- ICES (2021). Working Group on Multispecies Assessment Methods (WGSAM). *ICES Scientific Reports*, 3:115, 50 pp.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17895/ices.pub.9562>
- ICES (2022). *Report of the Working Group on the Assessment of Demersal Stocks in the North Sea and Skagerrak (WGNSSK), 28 April - 7 May 2015.*
<https://doi.org/10.17895/ices.pub.5325>
- ICES (2024). *Working Group on Multispecies Assessment Methods (WGSAM; outputs from 2023 meeting).* <https://doi.org/10.17895/ices.pub.25020968.v3>
- Isomursu, M. & Kunnasranta, M. (2011). *Trichinella nativa* in Grey Seal *Halichoerus grypus*: Spill-Over From a Highly Endemic Terrestrial Ecosystem. *Journal of Parasitology*, 97(4), 735-736, 2. <https://doi.org/10.1645/GE-2717.1>
- IUCN (1981). Report of IUCN workshop on marine mammal-fishery interactions, La Jolla, California, 30 March-2 April, 1981. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, Gland, Switzerland. 68 pp.
- Jackman, J.L., Vaske, J.J., Dowling-Guyer, S., Bratton, R., Bogomolni, A. & Wood, S.A. (2024). Seals and the Marine Ecosystem: Attitudes, Ecological Benefits/Risks and Lethal Management Views. *Human Dimensions of Wildlife*, 29(2), 142-158.
<https://doi.org/10.1080/10871209.2023.2212686>
- Jackson, J., Arlidge, W.N.S., Oyanedel, R. & Davis, K.J. (2024). The global extent and severity of operational interactions between conflicting pinnipeds and fisheries. *Nature Communications*, 15(1), 7449. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-51298-6>
- Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange, C.B., Lenihan, H.S., Pandolfi, J.M., Peterson, C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J. & Warner, R.R. (2001). Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science*, 293(5530), 629-638.
<https://doi.org/10.1126/science.1059199>
- Jansson, T. & Waldo, S. (2022). Managing Marine Mammals and Fisheries: A Calibrated Programming Model for the Seal-Fishery Interaction in Sweden. *Environmental and Resource Economics*, 81(3), 501-530. <https://doi.org/10.1007/s10640-021-00637-y>

- Jobling, M. & Breiby, A. (1986). The use and abuse of fish otoliths in studies of feeding habits of marine piscivores. *Sarsia*, 71, 265-274.
- Karlson, A.M.L., Gorokhova, E., Gårdmark, A., Pekcan-Hekim, Z., Casini, M., Albertsson, J., Sundelin, B., Karlsson, O. & Bergström, L. (2020). Linking consumer physiological status to food-web structure and prey food value in the Baltic Sea. *Ambio*, 49(2), 391-406. <https://doi.org/10.1007/s13280-019-01201-1>
- Karlson, K., Rosenberg, R. & Bonsdorff, E. (2002). Temporal and spatial large-scale effects of eutrophication and oxygen deficiency on benthic fauna in Scandinavian and Baltic waters - A review. *Annual Review*, 40, 427-489.
- Karp, M.A., Link, J.S., Grezlik, M., Cadrin, S., Fay, G., Lynch, P., Townsend, H., Methot, R.D., Adams, G.D., Blackhart, K., Barceló, C., Buchheister, A., Cieri, M., Chagaris, D., Christensen, V., Craig, J.K., Cummings, J., Damiano, M.D., Dickey-Collas, M., Elvarsson, B.P., Gaichas, S., Haltuch, M.A., Haugen, J.B., Howell, D., Kaplan, I.C., Klajbor, W., Large, S.I., Masi, M., McNamee, J., Muffley, B., Murray, S., Plagányi, É., Reid, D., Rindorf, A., Sagarese, S.R., Schueller, A.M., Thorpe, R., Thorson, J.T., Tomczak, M.T., Trijoulet, V. & Voss, R. (2023). Increasing the uptake of multispecies models in fisheries management. *Ices Journal of Marine Science*, 80(2), 243-257. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsad001>
- Kauhala, K., Ahola, M.P., Isomursu, M. & Raitaniemi, J. (2016). The Impact of Food Resources, Reproductive Rate and Hunting Pressure on the Baltic Grey Seal Population in the Finnish Sea Area. *Annales Zoologici Fennici*, 53(5-6), 296-309, 14. <https://doi.org/10.5735/086.053.0601>
- Kauhala, K., Bergenius, M., Korpinen, S., Kurkilahti, M. & Lehtiniemi, M. (2022). Ilmaston muutos vaikuttaa itämerennorppaan ravintoketjun muutoksen ja leutojen talvien myötä (Climate change has large impacts on the Baltic ringed seal via food web changes and milder winters). In Finnish with English summary. *Suomen Riista (Finnish Game)*, 68, 92-106.
- Kauhala, K., Bäcklin, B.-M., Raitaniemi, J. & Harding, K. (2017). The effect of prey quality and ice conditions on the nutritional status of Baltic gray seals of different age groups. *Mammal Research*, 62, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13364-017-0329-x>
- Kauhala, K., Kuunasranta, M. & Valtonen, M. (2011). Diet of grey seals in Finland in 2001–2007: a preliminary study. Hallien ravinto Suomen merialueella 2001-2007 – alustava selvitys. In Finnish with English summary. *Suomen Rista*, 57, 73-83.
- Kellert, S.R. (1991). Canadian Perceptions of Marine Mammal Conservation and Management in the Northwest Atlantic. *International Marine Mammal Association Technical Report*, 91-04, 87 pp.
- Kempf, A., Floeter, J. & Temming, A. (2008). Predator–prey overlap induced Holling type III functional response in the North Sea fish assemblage. *Marine Ecology Progress Series*, 367, 295-308. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v367/p295-308/>

- Kerr, L., Barajas, M. & Wiedenmann, J. (2022). Coherence and potential drivers of stock assessment uncertainty in Northeast US groundfish stocks. *Ices Journal of Marine Science*, 79(8), 2217-2230. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac140>
- Kiełpińska, J. & Kowalski, P.A. (2021). Numerical modelling of the population of grey seal (*Halichoerus grypus*) from the Baltic Sea in the context of reduction of damage to fishing economy. *Ecological Indicators*, 124, 107423. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107423>
- Kindinger, T.L. & Albins, M.A. (2017). Consumptive and non-consumptive effects of an invasive marine predator on native coral-reef herbivores. *Biological Invasions*, 19(1), 131-146. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1268-1>
- Kiszka, J.J., Heithaus, M.R. & Wirsing, A.J. (2015). Behavioural drivers of the ecological roles and importance of marine mammals. *Marine Ecology Progress Series*, 523, 267-281. <https://doi.org/10.3354/meps11180>
- Kjesbu, O.S., Alix, M., Sandø, A.B., Strand, E., Wright, P.J., Johns, D.G., Thorsen, A., Marshall, C.T., Bakkeplass, K.G., Vikebø, F.B., Skuggedal Myksvoll, M., Ottersen, G., Allan, B.J.M., Fossheim, M., Stiansen, J.E., Huse, G. & Sundby, S. (2023). Latitudinally distinct stocks of Atlantic cod face fundamentally different biophysical challenges under on-going climate change. *Fish and Fisheries*, 24(2), 297-320. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/faf.12728>
- Knutsen, H., Jorde, P.E., Hutchings, J.A., Hemmer-Hansen, J., Grønkjær, P., Jørgensen, K.-E.M., André, C., Sodeland, M., Albrechtsen, J. & Olsen, E.M. (2018). Stable coexistence of genetically divergent Atlantic cod ecotypes at multiple spatial scales. *Evolutionary Applications*, 11(9), 1527-1539. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/eva.12640>
- Koemle, D., Pascoe, S., Weltersbach, M.S., Gassler, B. & Arlinghaus, R. (2025). How quota cuts, recreational fishing, and predator conservation can shape coastal commercial fishery efforts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1139/cjfas-2024-0081>
- Kokko, H., Helle, E., Lindström, J., Ranta, E., Sipilä, T. & Courchamp, F. (1999). Backcasting population sizes of ringed and grey seals in the Baltic and Lake Saimaa during the 20th century. *Annales Zoologici Fennici*, 36, 65-73.
- Korpinen, S., Laamanen, L., Bergström, L., Nurmi, M., Andersen, J.H., Haapaniemi, J., Harvey, E.T., Murray, C.J., Peterlin, M., Kallenbach, E., Klančnik, K., Stein, U., Tunesi, L., Vaughan, D. & Reker, J. (2021). Combined effects of human pressures on Europe's marine ecosystems. *Ambio*, 50(7), 1325-1336. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01482-x>
- Korpinen, S., Uusitalo, L., Nordström, M.C., Dierking, J., Tomczak, M.T., Haldin, J., Opitz, S., Bonsdorff, E. & Neuenfeldt, S. (2022). Food web assessments in the Baltic Sea: Models bridging the gap between indicators and policy needs. *Ambio*, 51(7), 1687-1697. <https://doi.org/10.1007/s13280-021-01692-x>
- Kortsch, S., Primicerio, R., Fossheim, M., Dolgov, A.V. & Aschan, M. (2015). Climate change alters the structure of arctic marine food webs due to poleward shifts of boreal generalists. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1814), 20151546. <https://doi.org/doi:10.1098/rspb.2015.1546>

- Kramer, A.M., Dennis, B., Liebhold, A.M. & Drake, J.M. (2009). The evidence for Allee effects. *Population Ecology*, 51, 341-354.
- Kristensen, M.L., Olsen, E.M., Moland, E., Knutsen, H., Gronkjær, P., Koed, A., Källo, K. & Aarestrup, K. (2021). Disparate movement behavior and feeding ecology in sympatric ecotypes of Atlantic cod. *Ecology and Evolution*, 11(16), 11477-11490. <https://doi.org/10.1002/ece3.7939>
- Kuparinen, A. & Hutchings, J.A. (2014). Increased natural mortality at low abundance can generate an Allee effect in a marine fish. *Royal Society Open Science*, 1(2), 140075. <https://doi.org/doi:10.1098/rsos.140075>
- Königson, S., Fjälling, A. & Lunneryd, S. (2007). Grey seal induced catch losses in the herring gillnet fisheries in the northern Baltic. I: (6). 203-213. <https://doi.org/10.7557/3.2735>
- Köster, F.W., Huwer, B., Hinrichsen, H.-H., Neumann, V., Makarchouk, A., Eero, M., Dewitz, B.V., Hüsey, K., Tomkiewicz, J., Margonski, P., Temming, A., Hermann, J.-P., Oesterwind, D., Dierking, J., Kotterba, P. & Plikshs, M. (2016). Eastern Baltic cod recruitment revisited—dynamics and impacting factors. *Ices Journal of Marine Science*, 74(1), 3-19. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw172>
- Lacroix, G.L. (2014). Large pelagic predators could jeopardize the recovery of endangered Atlantic salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(3), 343-350. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0458>
- Lafferty, K.D. (2008). Ecosystem consequences of fish parasites. *Journal of Fish Biology*, 73(9), 2083-2093. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02059.x>
- Lafferty, K.D., Allesina, S., Arim, M., Briggs, C.J., De Leo, G., Dobson, A.P., Dunne, J.A., Johnson, P.T., Kuris, A.M., Marcogliese, D.J., Martinez, N.D., Memmott, J., Marquet, P.A., McLaughlin, J.P., Mordecai, E.A., Pascual, M., Poulin, R. & Thielges, D.W. (2008). Parasites in food webs: the ultimate missing links. *Ecol Lett*, 11(6), 533-46. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01174.x>
- Lai, T.-Y., Lindroos, M., Grønbaek, L. & Romakkaniemi, A. (2021). The Role of Food Web Interactions in Multispecies Fisheries Management: Bio-economic Analysis of Salmon, Herring and Grey Seal in the Northern Baltic Sea. *Environmental and Resource Economics*, 79(3), 511-549. <https://doi.org/10.1007/s10640-021-00571-z>
- Laidre, K.L., Stirling, I., Lowry, L.F., Wiig, O., Heide-Jorgensen, M.P. & Ferguson, S.H. (2008). Quantifying the sensitivity of arctic marine mammals to climate-induced habitat change. *Ecological Applications*, 18(2), S97-S125. <https://doi.org/10.1890/06-0546.1>
- Lambert, R.A. (2002). The Grey Seal in Britain: A Twentieth Century History of a Nature Conservation Success. *Environment and History*, 8(4), 449-474. <https://doi.org/doi:10.3197/096734002129342738>
- Lehnert, K., Raga, J.A. & Siebert, U. (2007). Parasites in harbour seals (*Phoca vitulina*) from the German Wadden Sea between two Phocine Distemper Virus epidemics. *Helgoland Marine Research*, 61(4), 239-245. <https://doi.org/10.1007/s10152-007-0072-9>

- Lehnert, K., Seibel, H., Hasselmeier, I., Wohlsein, P., Iversen, M., Nielsen, N.H., Heide-Jørgensen, M.P., Prenger-Berninghoff, E. & Siebert, U. (2014). Increase in parasite burden and associated pathology in harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) in West Greenland. *Polar Biology*, 37(3), 321-331.
<https://doi.org/10.1007/s00300-013-1433-2>
- Li, C., Chen, J., Liao, X., Ramus, A.P., Angelini, C., Liu, L., Silliman, B.R., Bertness, M.D. & He, Q. (2023). Shorebirds-driven trophic cascade helps restore coastal wetland multifunctionality. *Nature Communications*, 14(1), 8076.
<https://doi.org/10.1038/s41467-023-43951-3>
- Li, L.B., Ainsworth, C. & Pitcher, T. (2010). Presence of harbour seals (*Phoca vitulina*) may increase exploitable fish biomass in the Strait of Georgia. *Progress in Oceanography*, 87(1-4), 235-241. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2010.09.006>
- Libralato, S., Christensen, V. & Pauly, D. (2006). A method for identifying keystone species in food web models. *Ecological Modelling*, 195(3), 153-171.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.11.029>
- Lidgard, D.C., Bowen, W.D., Jonsen, I.D. & Iverson, S.J. (2014). Predator-borne acoustic transceivers and GPS tracking reveal spatiotemporal patterns of encounters with acoustically tagged fish in the open ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 501, 157-168. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v501/p157-168/>
- Liermann & Hilborn (2001). Depensation: evidence, models and implications. *Fish and Fisheries*, 2(1), 33-58. <https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1467-2979.2001.00029.x>
- Lilly, G., Wieland, K., Rothschild, B., Sundby, S., Drinkwater, K., Brander, K., Ottersen, G., Carscadden, J.E., Stenson, G.B., Chouinard, G., Swain, D. & Niels, D. (2008). Decline and recovery of Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks throughout the North Atlantic. I. 39-66.
- Lilly, G.R. & Murphy, E.F. (2004). Biology, fishery and status of the 2GH and 2J3KL (northern) cod stocks: information supporting an assessment of allowable harm under the Species at Risk Act for the COSEWIC-defined Newfoundland and Labrador population of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *DFO Canadian Science Advisory Secretariat Research Document*, 2004/102, 113 pp.
- Lima, S.L. (1998). Nonlethal Effects in the Ecology of Predator-Prey Interactions: What are the ecological effects of anti-predator decision-making? *Bioscience*, 48(1), 25-34. <https://doi.org/10.2307/1313225>
- Limburg, K.E. & Casini, M. (2018). Effect of Marine Hypoxia on Baltic Sea Cod *Gadus morhua*: Evidence From Otolith Chemical Proxies. *Frontiers in Marine Science*, 5. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00482>
- Lindgren, M., Andersen, K.H., Casini, M. & Neuenfeldt, S. (2014). A metacommunity perspective on source-sink dynamics and management: the Baltic Sea as a case study. *Ecological Applications*, 24(7), 1820-1832. <Go to ISI>://WOS:000342859800019
- Lindgren, M. & Eero, M. (2013). Threshold-dependent climate effects and high mortality limit recruitment and recovery of the Kattegat cod. *Marine Ecology*

- Progress Series*, 490, 223-232. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v490/p223-232/>
- Lindegren, M., Möllmann, C., Nielsen, A. & Stenseth, N.C. (2009). Preventing the collapse of the Baltic cod stock through an ecosystem-based management approach. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(34), 14722-14727. <https://doi.org/doi:10.1073/pnas.0906620106>
- Lindegren, M., Östman, Ö. & Gårdmark, A. (2011). Interacting trophic forcing and the population dynamics of herring. *Ecology*, 92(7), 1407-1413. <Go to ISI>://WOS:000292814300004
- Lindstrøm, U., Harbitz, A., Haug, T. & Nilssen, K.T. (1998). Do harp seals *Phoca groenlandica* exhibit particular prey preferences? *Ices Journal of Marine Science*, 55, 941-953.
- Lindstrøm, U., Smout, S., Howell, D. & Bogstad, B. (2009). Modelling multi-species interactions in the Barents Sea ecosystem with special emphasis on minke whales and their interactions with cod, herring and capelin. *Deep-Sea Research Part II-Topical Studies in Oceanography*, 56(21-22), 2068-2079. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2008.11.017>
- Link, J.S., Bundy, A., Overholtz, W.J., Shackell, N., Manderson, J., Duplisea, D., Hare, J., Koen-Alonso, M. & Friedland, K.D. (2011). Ecosystem-based fisheries management in the Northwest Atlantic. *Fish and Fisheries*, 12(2), 152-170. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1467-2979.2011.00411.x>
- Link, J.S., Pranovi, F., Libralato, S., Coll, M., Christensen, V., Solidoro, C. & Fulton, E.A. (2015). Emergent Properties Delineate Marine Ecosystem Perturbation and Recovery. *Trends Ecol Evol*, 30(11), 649-661. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2015.08.011>
- Livingston, P.A. (1993). Importance of Predation by Groundfish, Marine Mammals and Birds on Walleye Pollock *Theragra-Chalcogramma* and Pacific Herring *Clupea-Pallasi* in the Eastern Bering Sea. *Marine Ecology-Progress Series*, 102(3), 205-215. <https://doi.org/10.3354/meps102205>
- Ljunggren, L., Sandstrom, A., Bergstrom, U., Mattila, J., Lappalainen, A., Johansson, G., Sundblad, G., Casini, M., Kaljuste, O. & Eriksson, B.K. (2010). Recruitment failure of coastal predatory fish in the Baltic Sea coincident with an offshore ecosystem regime shift. *Ices Journal of Marine Science*, 67(8), 1587-1595. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq109>
- Longo, C., Hornborg, S., Bartolino, V., Tomczak, M.T., Ciannelli, L., Libralato, S. & Belgrano, A. (2015). Role of trophic models and indicators in current marine fisheries management. *Marine Ecology Progress Series*, 538, 257-272. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v538/p257-272/>
- Luck, C., Jessopp, M., Cronin, M. & Rogan, E. (2022). Using population viability analysis to examine the potential long-term impact of fisheries bycatch on protected species. *Journal for Nature Conservation*, 67, 126157. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jnc.2022.126157>

- Lundström, K., Bergenius, M., Aho, T. & Lunneryd, S.G. (2014). Födoval hos vikaesäl i Bottenviken: Rapport från den svenska forskningsjakten 2007-2009. Sveriges lantbruksuniversitet, Lysekil. *Aqua reports*, 2014(1), 23 pp.
- Lundström, K., Hjerne, O., Alexandersson, K. & Karlsson, O. (2007). Estimation of grey seal (*Halichoerus grypus*) diet composition in the Baltic sea. *NAMMCO Scientific Publications*, 6, 177-196.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7557/3.2733>
- Lundström, K., Hjerne, O., Lunneryd, S.G. & Karlsson, O. (2010a). Understanding the diet composition of marine mammals: grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Baltic Sea. *Ices Journal of Marine Science*, 67(6), 1230-1239.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq022>
- Lundström, K., Lind, Y. & Karlsson, O. (2012). Assessment of the use of blubber fatty acids as a complement to conventional dietary analysis to study foraging ecology of grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Baltic Sea. In Assessment of dietary patterns and prey consumption of marine mammals: Grey seals (*Halichoerus grypus*) in the Baltic Sea. Ph.D.thesis, Department of Biological and Environmental Sciences, University of Gothenburg. 21 pp.
- Lundström, K., Lunneryd, S.G., Königson, S. & Hemmingsson, M. (2010b). Interactions between harbour seals (*Phoca vitulina*) and coastal fisheries along the Swedish west coast: an overview. *NAMMCO Scientific Publications*, 8, 329-340.
- Lundström, K., Ovegård, M., Karlsson, M., Bergström, U., Lövgren, J., Sandström, A., Sjöberg, N., Sundblad, G., Säterberg, T., Wennhage, H. & Östman, Ö. (2024). Storskarvens (*Phalacrocorax carbo*) ekologi, roll i ekosystemet och effekter på fiskpopulationer; En sammanställning av kunskap och kunskapsbehov *Aqua reports*, 2024:9, 90 pp. <https://doi.org/https://doi.org/10.54612/a.300f4oihko>
- Lunneryd, S.G. (1991). Anisakid nematodes in the harbour seal *Phoca vitulina* from the Kattegat-Skagerrak and the Baltic. *Ophelia*, 34(2), 105-115.
- Lunneryd, S.G., Ugland, K.I. & Aspholm, P.E. (2001). Sealworm (*Pseudoterranova decipiens*) infection in the benthic cottid (*Taurulus bubalis*) in relation to population increase of harbour seal (*Phoca vitulina*) in Skagerrak, Sweden. *NAMMCO Scientific Publications*, 3, 47-55.
- Lynam, C.P., Llope, M., Möllmann, C., Helaoutët, P., Bayliss-Brown, G.A. & Stenseth, N.C. (2017). Interaction between top-down and bottom-up control in marine food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(8), 1952-1957. <https://doi.org/10.1073/pnas.1621037114>
- MacKenzie, B.R., Alheit, J., Conley, D.J., Holm, P. & Kinze, C.C. (2002a). Ecological hypotheses for a historical reconstruction of upper trophic level biomass in the Baltic Sea and Skagerrak. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 59, 173-190.
- MacKenzie, B.R., Awebro, K., Bager, M., Holm, P., Lajus, J., Must, A., Ojaveer, H., Poulsen, B. & Uzars, D. (2002b). Baltic Sea fisheries in previous centuries: development of catch data series and preliminary interpretations of causes of fluctuations. *ICES C. M.*, 2002/L:02, 44 pp.

- MacKenzie, B.R., Ero, M. & Ojaveer, H. (2011). Could Seals Prevent Cod Recovery in the Baltic Sea? *PLoS ONE*, 6(5).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018998>
- Mackinson, S. & Daskalov, G. (2007). An ecosystem model of the North Sea to support an ecosystem approach to fisheries management: description and parameterisation. *Science Series Technical Report no.142*, 142, 196 pp.
- Madin, E.M.P., Gaines, S.D., Madin, J.S., Link, A., Lubchenco, P.J., Selden, R.L. & Warner, R.R. (2012). Do Behavioral Foraging Responses of Prey to Predators Function Similarly in Restored and Pristine Foodwebs? *PLoS ONE*, 7(3), e32390.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032390>
- Magnússon, B., Gudmundsson, G.A., Metúsalemsson, S. & Granquist, S.M. (2020). Seabirds and seals as drivers of plant succession on Surtsey. I.
- Malouf, A. (1986). Seals and sealing in Canada. Report of the Royal Commission. Canadian overnment Publication Centre, Ottawa, Canada.
- Marcogliese, D.J. (2002). Food webs and the transmission of parasites to marine fish. *Parasitology*, 124 Suppl, S83-99. <https://doi.org/10.1017/s003118200200149x>
- Matthäus, W., Nehring, D., Feistel, R., Nausch, G., Mohrholz, V. & Lass, H.U. (2008). The inflow of highly saline water into the Baltic Sea. *State and Evolution of the Baltic Sea, 1952–2005: A Detailed 50-Year Survey of Meteorology and Climate, Physics, Chemistry, Biology, and Marine Environment*, 265-309.
- Matthäus, W. & Schinke, H. (1994). Mean atmospheric circulation patterns associated with major Baltic inflows. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift*, 46(4), 321-339.
- McClelland, G. (2002). The trouble with sealworms (*Pseudoterranova decipiens* species complex, Nematoda): a review. *Parasitology*, 124, S183-S203. <Go to ISI>://000178810700013
- McLaren, I., Brault, S., Harwood, J. & Vardy, D. (2001). Report of the Eminent Panel on Seal Management. Fisheries and Oceans Canada. 165 pp.
- McLoughlin, P.D., Lysak, K., Debeffe, L., Perry, T. & Hobson, K.A. (2016). Density-dependent resource selection by a terrestrial herbivore in response to sea-to-land nutrient transfer by seals. *Ecology*, 97(8), 1929-1937.
<https://doi.org/10.1002/ecy.1451>
- Mehrdana, F., Bahloul, Q.Z.M., Skov, J., Marana, M.H., Sindberg, D., Mundeling, M., Overgaard, B.C., Korbut, R., Strøm, S.B., Kania, P.W. & Buchmann, K. (2014). Occurrence of zoonotic nematodes *Pseudoterranova decipiens*, *Contracaecum osculatum* and *Anisakis simplex* in cod (*Gadus morhua*) from the Baltic Sea. *Veterinary Parasitology*, 205(3), 581-587.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2014.08.027>
- Menge, B.A., Berlow, E.L., Blanchette, C.A., Navarrete, S.A. & Yamada, S.B. (1994). The Keystone Species Concept: Variation in Interaction Strength in a Rocky Intertidal Habitat. *Ecological Monographs*, 64(3), 250-286.
<https://doi.org/10.2307/2937163>
- Middlemas, S.J., Barton, T.R., Armstrong, J.D. & Thompson, P.M. (2006). Functional and aggregative responses of harbour seals to changes in salmonid abundance.

- Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences*, 273(1583), 193-198.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3215>
- Minto, C. & Worm, B. (2012). Interactions between small pelagic fish and young cod across the North Atlantic. *Ecology*, 93(10), 2139-2154.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1890/10-2036.1>
- Mion, M., Lundström, K., Karlsson, M., Gandolfo, F.L. & Wennhage, H. (2025). Sälars födoval i relation till bytesförekomst. *Aqua notes*, 2025:1, 49 pp.
<https://doi.org/https://doi.org/10.54612/a.5svah7b7ap>
- Mittelbach, G.G., Ballew, N.G. & Kjelson, M.K. (2014). Fish behavioral types and their ecological consequences. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 71(6), 927-944. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2013-0558>
- Mohn, R. & Bowen, W.D. (1994). A model of grey seal predation on 4VsW cod and its effects on the dynamics and potential yield of cod. *Department of Fisheries and Oceans Research Document*, 94/64, 43 pp.
- Mohn, R. & Bowen, W.D. (1996). Grey seal predation on the eastern Scotian Shelf: modelling the impact on Atlantic cod. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53(12), 2722-2738.
- Moksnes, P.-O., Gullström, M., Tryman, K. & Baden, S. (2008). Trophic cascades in a temperate seagrass community. *Oikos*, 117(5), 763-777.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2008.16521.x>
- Moore, P.G. (2003). Seals and fisheries in the Clyde Sea area (Scotland): traditional knowledge informs science. *Fisheries Research*, 63, 51-61.
- Morissette, L. & Brodie, P.F. (2014). Assessing the trophic impacts of marine mammals: From metabolism to food web indices. *Marine Mammal Science*, 30(3), 939-960.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/mms.12118>
- Morissette, L., Castonguay, M., Savenkoff, C., Swain, D.P., Chabot, D., Bourdages, H., Hammill, M.O. & Mark Hanson, J. (2009a). Contrasting changes between the northern and southern Gulf of St. Lawrence ecosystems associated with the collapse of groundfish stocks. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 56(21), 2117-2131.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2008.11.023>
- Morissette, L., Christensen, V. & Pauly, D. (2012). Marine mammal impacts in exploited ecosystems: would large scale culling benefit fisheries? *PLoS ONE*, 7(9), 1-18.
- Morissette, L., Hammill, M.O. & Savenkoff, C. (2006). The trophic role of marine mammals in the northern Gulf of St. Lawrence. *Marine Mammal Science*, 22(1), 74-103.
- Morissette, L., Pedersen, T. & Nilsen, M. (2009b). Comparing pristine and depleted ecosystems: The Sør fjord, Norway versus the Gulf of St. Lawrence, Canada. Effects of intense fisheries on marine ecosystems. *Progress in Oceanography*, 81(1), 174-187. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pocean.2009.04.013>
- Moss, B. (2017). Marine reptiles, birds and mammals and nutrient transfers among the seas and the land: An appraisal of current knowledge. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 492, 63-80.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jembe.2017.01.018>

- Moustahfid, H., Link, J.S., Overholtz, W.J. & Tyrrell, M.C. (2009). The advantage of explicitly incorporating predation mortality into age-structured stock assessment models: an application for Atlantic mackerel. *Ices Journal of Marine Science*, 66(3), 445-454. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn217>
- Moxley, J.H., Skomal, G.B., Chisholm, J.R.M., Halpin, P.N. & Johnston, D.W. (2020). Daily and seasonal movements of Cape Cod gray seals vary with predation risk. *Marine Ecology Progress Series*, 644, 215-228.
- Myers, R.A., Baum, J.K., Shepherd, T.D., Powers, S.P. & Peterson, C.H. (2007). Cascading effects of the loss of apex predatory sharks from a coastal ocean. *Science*, 315(5820), 1846-1850. <https://doi.org/10.1126/science.1138657>
- Myers, R.A., Hutchings, J.A. & Barrowman, N.J. (1996). Hypotheses for the decline of cod in the North Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, 138, 293-308. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v138/p293-308/>
- Myers, R.A., Hutchings, J.A. & Barrowman, N.J. (1997). Why do fish stocks collapse? The example of cod in Atlantic Canada. *Ecological Applications*, 7(1), 91-106. <https://doi.org/10.2307/2269409>
- Müller, G., Gröters, S., Siebert, U., Rosenberger, T., Driver, J., König, M., Becher, P., Hetzel, U. & Baumgärtner, W. (2003). Parapoxvirus Infection in Harbor Seals (*Phoca vitulina*) from the German North Sea. *Veterinary Pathology*, 40(4), 445-454. <https://doi.org/10.1354/vp.40-4-445>
- Mäntyniemi, S., Romakkaniemi, A., Dannewitz, J., Palm, S., Pakarinen, T., Pulkkinen, H., Gårdmark, A. & Karlsson, O. (2012). Both predation and feeding opportunities may explain changes in survival of Baltic salmon post-smolts. *Ices Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss088>
- Möllmann, C., Diekmann, R., Müller-Karulis, B., Kornilovs, G., Plikshs, M. & Axe, P. (2009). Reorganization of a large marine ecosystem due to atmospheric and anthropogenic pressure: a discontinuous regime shift in the Central Baltic Sea. *Global Change Biology*, 15(6), 1377-1393. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2008.01814.x>
- Nadolna, K. & Podolska, M. (2014). Anisakid larvae in the liver of cod (*Gadus morhua*) L. from the southern Baltic Sea. *Journal of Helminthology*, 88(2), 237-246. <https://doi.org/10.1017/S0022149X13000096>
- Natugonza, V., Ainsworth, C., Sturludóttir, E., Musinguzi, L., Ogutu-Ohwayo, R., Tomasson, T., Nyamweya, C. & Stefansson, G. (2020). Ecosystem modelling of data-limited fisheries: How reliable are Ecopath with Ecosim models without historical time series fitting? *Journal of Great Lakes Research*, 46(2), 414-428. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jglr.2020.01.001>
- Naturvårdsverket (2020). Sveriges arter och naturtyper i EU:s art- och habitatdirektiv. Resultat från rapportering 2019 till EU av bevarandestatus 2013-2018. 106 pp.
- Neimanis, A.S., Moraesus, C., Bergman, A., Bignert, A., Höglund, J., Lundström, K., Strömberg, A. & Bäcklin, B.M. (2016). Emergence of the Zoonotic Biliary Trematode *Pseudamphistomum truncatum* in Grey Seals (*Halichoerus grypus*) in the Baltic Sea. *PLoS ONE*, 11(10), e0164782. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0164782>

- Nelson, B.W., McAllister, M.K., Trites, A.W., Thomas, A.C. & Walters, C.J. (2024). Quantifying impacts of harbor seal *Phoca vitulina* predation on juvenile Coho Salmon in the Strait of Georgia, British Columbia. *Marine and Coastal Fisheries*, 16(1), e10271. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/mcf2.10271>
- Neuenfeldt, S., Ojaveer, H., Opitz, S., Tomczak, M. & Dierking, J. (2020). Review of trophic models for the Baltic Sea. 22 pp.
- Neuenhoff, R.D., Swain, D.P., Cox, S.P., McAllister, M.K., Trites, A.W., Walters, C.J. & Hammill, M.O. (2018). Continued decline of a collapsed population of Atlantic cod (*Gadus morhua*) due to predation-driven Allee effects. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 76(1), 168-184. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2017-0190>
- Nick, T.S. & Russell, C.B. (2003). Continuing trophic cascade effects after 25 years of no-take marine reserve protection. *Marine Ecology Progress Series*, 246, 1-16. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v246/p1-16/>
- Niiranen, S., Blenckner, T., Hjerne, O. & Tomczak, M.T. (2012). Uncertainties in a Baltic sea food-web model reveal challenges for future projections. *Ambio*, 41(6), 613-25. <https://doi.org/10.1007/s13280-012-0324-z>
- Nilssen, K.T., Lindstrøm, U., Westgaard, J.I., Lindblom, L., Blencke, T.-R. & Haug, T. (2019). Diet and prey consumption of grey seals (*Halichoerus grypus*) in Norway. *Marine Biology Research*, 15(2), 137-149. <https://doi.org/10.1080/17451000.2019.1605182>
- Nilsson, J., Flink, H. & Tibblin, P. (2019). Predator–prey role reversal may impair the recovery of declining pike populations. *Journal of Animal Ecology*, 88(6), 927-939. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2656.12981>
- Nissling, A. (2004). Effects of temperature on egg and larval survival of cod (*Gadus morhua*) and sprat (*Sprattus sprattus*) in the Baltic Sea – implications for stock development. *Hydrobiologia*, 514(1), 115-123. <https://doi.org/10.1023/B:hydr.0000018212.88053.aa>
- Nissling, A. & Westin, L. (1997). Salinity requirements for successful spawning of Baltic and Belt Sea cod and the potential for cod stock interactions in the Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 152, 261-271. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v152/p261-271/>
- Norderhaug, K.M., Gundersen, H., Pedersen, A., Moy, F., Green, N., Walday, M.G., Gitmark, J.K., Ledang, A.B., Bjerkeng, B., Hjermann, D. & Trannum, H.C. (2015). Effects of climate and eutrophication on the diversity of hard bottom communities on the Skagerrak coast 1990-2010. *Marine Ecology Progress Series*, 530, 29-46. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v530/p29-46/>
- Nyman, M., Koistinen, J., Fant, M.L., Vartiainen, T. & Helle, E. (2002). Current levels of DDT, PCB and trace elements in the Baltic ringed seals (*Phoca hispida baltica*) and grey seals (*Halichoerus grypus*). *Environmental Pollution*, 119(3), 399-412. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(01\)00339-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-7491(01)00339-6)
- O'Boyle, R. & Sinclair, M. (2012). Seal-cod interactions on the Eastern Scotian Shelf: Reconsideration of modelling assumptions. *Fisheries Research*, 115, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2011.10.006>

- O’Gorman, E.J., Ruth, E. & Emmerson, M. (2008). Predator Diversity Enhances Secondary Production and Decreases the Likelihood of Trophic Cascades. *Oecologia*, 158(3), 557-567. <https://doi.org/10.1007/s00442-008-1165-0>
- Obst, M., Vicario, S., Lundin, K., Berggren, M., Karlsson, A., Haines, R., Williams, A., Goble, C., Mathew, C. & Güntsch, A. (2018). Marine long-term biodiversity assessment suggests loss of rare species in the Skagerrak and Kattegat region. *MARINE BIODIVERSITY*, 48(4), 2165-2176. <https://doi.org/10.1007/s12526-017-0749-5>
- Olin, A.B., Bergström, U., Bodin, Ö., Sundblad, G., Eriksson, B.K., Erlandsson, M., Fredriksson, R. & Eklöf, J.S. (2024). Predation and spatial connectivity interact to shape ecosystem resilience to an ongoing regime shift. *Nature Communications*, 15(1), 1304. <https://doi.org/10.1038/s41467-024-45713-1>
- Olin, A.B., Olsson, J., Eklöf, J.S., Eriksson, B.K., 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(5), 1419-1434. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac073>
- Olsen, E., Tomczak, M.T., Lynam, C.P., Belgrano, A. & Kenny, A. (2022). Testing management scenarios for the North Sea ecosystem using qualitative and quantitative models. *Ices Journal of Marine Science*, 80(1), 218-234. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac231>
- Olsen, M., Andersen, S., Teilmann, J., Dietz, R., Edrén, S., Linnet, A. & Härkönen, T. (2010). Status of the harbour seal (*Phoca vitulina*) in Southern Scandinavia. *NAMMCO Scientific Publication Series*, 8, 77-94. <https://doi.org/10.7557/3.2674>
- Olsen, M. & Bjørge, A. (1995). Seasonal and regional variations in the diet of harbour seal in Norwegian waters. In *Whales, seals, fish and man*. A.S. Blix, L. Walloe and O. Ulltang, editors. *Proceedings of the International Symposium on the Biology of Marine Mammals in the North East Atlantic, Tromso, Norway, 29 Nov.-1 Dec. 1994*, 271-285.
- Opitz, S. & Froese, R. (2019). Ecosystem Based Fisheries Management for the Western Baltic Sea. Extended Report. 80 pp.
- Ordiano-Flores, A., Galván-Magaña, F. & Rosiles-Martínez, R. (2011). Bioaccumulation of Mercury in Muscle Tissue of Yellowfin Tuna, *Thunnus albacares*, of the Eastern Pacific Ocean. *Biological Trace Element Research*, 144(1), 606-620. <https://doi.org/10.1007/s12011-011-9136-4>
- Ovegård, M., Ljungberg, P., Orio, A., Öhman, K., Norrman, E.B. & Lunneryd, S.-G. (2022). The effects of *Contracaecum osculatum* larvae on the growth of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 19, 161-168. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijppaw.2022.08.006>
- Ovegård, M.K., Jepsen, N., Bergenius Nord, M. & Petersson, E. (2021). Cormorant predation effects on fish populations: A global meta-analysis. *Fish and Fisheries*, 22(3), 605-622. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/faf.12540>

- Overholtz, W.J. & Link, J.S. (2007). Consumption impacts by marine mammals, fish, and seabirds on the Gulf of Maine-Georges Bank Atlantic herring (*Clupea harengus*) complex during the years 1977-2002. *Ices Journal of Marine Science*, 64(1), 83-96. <Go to ISI>://000246865300009
- Overholtz, W.J., Murawski, S.A. & Foster, K.L. (1991). Impact of Predatory Fish, Marine Mammals, and Seabirds on the Pelagic Fish Ecosystem of the Northeastern USA. I: Daan, N. & Sissenwine, M.P. red.) *Multispecies Models Relevant to Management of Living Resources*. (Ices Marine Science Symposia 193). 198-208. <Go to ISI>://A1991BU43T00024
- Pace, M.L., Cole, J.J., Carpenter, S.R. & Kitchell, J.F. (1999). Trophic cascades revealed in diverse ecosystems. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(12), 483-488.
- Paine, R.T. (1980). Food webs: linkage, interaction strength and community infrastructure. *Journal of Animal Ecology*, 49, 667-685.
- Pannozzo, L. (2013). *The devil and the deep blue sea: an investigation into the scapegoating of Canada's grey seal*. Fernwood Publishing.
- Pascual, S. & Abollo, E. (2005). Whaleworms as a tag to map zones of heavy-metal pollution. *Trends Parasitol*, 21(5), 204-6. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2005.03.005>
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. & Torres, F. (1998). Fishing down marine food webs. *Science*, 279(5352), 860-863. <https://doi.org/10.1126/science.279.5352.860>
- Pereira, L.S., Agostinho, A.A. & Winemiller, K.O. (2017). Revisiting cannibalism in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 27(3), 499-513. <https://doi.org/10.1007/s11160-017-9469-y>
- Perälä, T., Hutchings, J.A. & Kuparinen, A. (2022). Allee effects and the Allee-effect zone in northwest Atlantic cod. *Biology Letters*, 18(2), 20210439. <https://doi.org/doi:10.1098/rsbl.2021.0439>
- Pessarrodona, A., Boada, J., Pagès, J.F., Arthur, R. & Alcoverro, T. (2019). Consumptive and non-consumptive effects of predators vary with the ontogeny of their prey. *Ecology*, 100(5), e02649. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ecy.2649>
- Phillips, E.M. & Harvey, J.T. (2009). A captive feeding study with the Pacific harbor seal (*Phoca vitulina richardii*): Implications for scat analysis. *Marine Mammal Science*, 25(2), 373-391. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2008.00265.x>
- Plagányi, É.E. (2007). Models for an ecosystem approach to fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper.*, 477, 108 pp.
- Plagányi, É.E., Blamey, L.K., Rogers, J.G.D. & Tulloch, V.J.D. (2022). Playing the detective: Using multispecies approaches to estimate natural mortality rates. *Fisheries Research*, 249, 106229. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2022.106229>
- Plagányi, É.E. & Butterworth, D.S. (2004). A critical look at the potential of Ecopath with ecosim to assist in practical fisheries management. *African Journal of Marine Science*, 26(1), 261-287. <https://doi.org/10.2989/18142320409504061>
- Pope, J.G., Bartolino, V., Kulatska, N., Bauer, B., Horbowy, J., Ribeiro, J.P.C., Sturludottir, E. & Thorpe, R. (2019). Comparing the steady state results of a

- range of multispecies models between and across geographical areas by the use of the jacobian matrix of yield on fishing mortality rate. *Fisheries Research*, 209, 259-270. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fishres.2018.08.011>
- Pope, J.G. & Holmes, S.J. (2008). Length-based Approaches compared to Age-based Approaches to Determining the Significance of Grey Seal Feeding on Cod in ICES Division VIa. *ICES CM*, 2008/F:08, 22 pp.
- Poulin, R., Blasco-Costa, I. & Randhawa, H.S. (2016). Integrating parasitology and marine ecology: Seven challenges towards greater synergy. *Journal of Sea Research*, 113, 3-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seares.2014.10.019>
- Power, G. & Gregoire, J. (1978). Predation by freshwater seals on fish community of lower Seal Lake, Quebec. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 35(6), 844-850. <Go to ISI>://WOS:A1978EZ40800007
- Precoda, K. & Orphanides, C.D. (2022). Estimates of cetacean and pinniped bycatch in the 2019 New England sink and mid-Atlantic gillnet fisheries. *Northeast Fisheries Science Center reference document*, 22-05, 26 pp. <https://doi.org/https://doi.org/10.25923/vv44-jc03>
- Punt, A.E. & Butterworth, D.S. (1995). The effects of future consumption by the Cape fur seal on catches and catch rates of the cape hakes. 4. Modelling the biological interaction between Cape fur seals *Arctocephalus pusillus pusillus* and the cape hakes *Merluccius capensis* and *M-paradoxus*. *South African Journal of Marine Science-Suid-Afrikaanse Tydskrif Vir Seewetenskap*, 16, 255-285. <Go to ISI>://A1995UY86100020
- Puryear, W., Sawatzki, K., Hill, N., Foss, A., Stone, J.J., Doughty, L., Walk, D., Gilbert, K., Murray, M., Cox, E., Patel, P., Mertz, Z., Ellis, S., Taylor, J., Fauquier, D., Smith, A., DiGiovanni, R.A., Jr., van de Guchte, A., Gonzalez-Reiche, A.S., Khalil, Z., van Bakel, H., Torchetti, M.K., Lantz, K., Lench, J.B. & Runstadler, J. (2023). Highly Pathogenic Avian Influenza A(H5N1) Virus Outbreak in New England Seals, United States. *Emerg Infect Dis*, 29(4), 786-791. <https://doi.org/10.3201/eid2904.221538>
- Puryear, W., Sawatzki, K., Hill, N., Simulynas, A., Stone, J., Doughty, L., Walk, D., Gilbert, K., Murray, M., Cox, E., Patel, P., Mertz, Z., Ellis, S., Taylor, J., Fauquier, D., Smith, A., DiGiovanni, R., van de Guchte, A., Gonzalez-Reiche, A.S. & Runstadler, J. (2022). *Outbreak of Highly Pathogenic Avian Influenza H5N1 in New England Seals*. <https://doi.org/10.1101/2022.07.29.501155>
- Pörtner, H.O., Berdal, B., Blust, R., Brix, O., Colosimo, A., De Wachter, B., Giuliani, A., Johansen, T., Fischer, T., Knust, R., Lannig, G., Naevdal, G., Nedenes, A., Nyhammer, G., Sartoris, F.J., Serendero, I., Sirabella, P., Thorkildsen, S. & Zakhartsev, M. (2001). Climate induced temperature effects on growth performance, fecundity and recruitment in marine fish: developing a hypothesis for cause and effect relationships in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common eelpout (*Zoarces viviparus*). *Continental Shelf Research*, 21(18), 1975-1997. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0278-4343\(01\)00038-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0278-4343(01)00038-3)

- Quaggiotto, M.M., Burke, L., McCafferty, D. & Bailey, D. (2016). First investigations of the consumption of seal carcasses by terrestrial and marine scavengers. *The Glasgow Naturalist*, 26.
- Rae, B.B. (1962). The effect of seal stocks on Scottish marine fisheries. In *The exploitation of natural animal populations* (Eds E.D. Le Cren & M.W. Holdgate), Blackwell, Oxford. 305-311.
- Rae, B.B. (1967). Seal damage to fish and fisheries. *ICES C. M.*, 1967/N:7, 5 pp.
- Rangeley, R.W. & Kramer, D.L. (1998). Density-Dependent Antipredator Tactics and Habitat Selection in Juvenile Pollock. *Ecology*, 79(3), 943-952.
<https://doi.org/10.2307/176591>
- Receveur, A., Bleil, M., Funk, S., Stötera, S., Gräwe, U., Naumann, M., Dutheil, C. & Krumme, U. (2022). Western Baltic cod in distress: decline in energy reserves since 1977. *Ices Journal of Marine Science*, 79(4), 1187-1201.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac042>
- Reid, P.C., Edwards, M., Beaugrand, G., Skogen, M. & Stevens, D. (2003). Periodic changes in the zooplankton of the North Sea during the twentieth century linked to oceanic inflow. *Fisheries Oceanography*, 12(4-5), 260-269.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2419.2003.00252.x>
- Reyers, B., Jaarsveld, A.v. & Krüger, M. (2000). Complementarity as a biodiversity indicator strategy. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 267(1442), 505-513.
- Reynolds, P.L. & Sotka, E.E. (2011). Non-consumptive predator effects indirectly influence marine plant biomass and palatability. *Journal of Ecology*, 99(5), 1272-1281. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01837.x>
- Rindorf, A., Schmidt, J., Bogstad, B., Reeves, S. & Walther, Y. (2013). A framework for multispecies assessment and management. Nordic Council of Ministers. TemaNord No. 2013:550 <https://doi.org/10.6027/TN2013-550>. 49 pp.
- Ripple, W.J., Estes, J.A., Beschta, R.L., Wilmers, C.C., Ritchie, E.G., Hebblewhite, M., Berger, J., Elmhagen, B., Letnic, M. & Nelson, M.P. (2014). Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*, 343(6167), 1241484.
- Roberts, C.M. & Hawkins, J.P. (1999). Extinction risk in the sea. *Trends in Ecology & Evolution*, 14(6), 241-246. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(98\)01584-5](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0169-5347(98)01584-5)
- Roffe, T.J. & Mate, B.R. (1984). ABUNDANCES AND FEEDING-HABITS OF PINNIPEDS IN THE ROGUE RIVER, OREGON. *Journal of Wildlife Management*, 48(4), 1262-1274. <https://doi.org/10.2307/3801787>
- Roman, J., Estes, J.A., Morissette, L., Smith, C., Costa, D., McCarthy, J., Nation, J.B., Nicol, S., Pershing, A. & Smetacek, V. (2014). Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(7), 377-385.
<https://doi.org/10.1890/130220>
- Roman, J. & McCarthy, J.J. (2010). The Whale Pump: Marine Mammals Enhance Primary Productivity in a Coastal Basin. *PLoS ONE*, 5(10), e13255.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013255>

- Rooney, N., McCann, K., Gellner, G. & Moore, J.C. (2006). Structural asymmetry and the stability of diverse food webs. *Nature*, 442(7100), 265-269.
- Rosciszewski-Dodgson, M.J. & Cirella, G.T. (2024). Environmental drivers affecting the status of top commercial fish stocks in the Baltic Sea: review. *Frontiers in Marine Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1399707>
- Rosenberg, R. (1985). Eutrophication—The future marine coastal nuisance? *Marine Pollution Bulletin*, 16(6), 227-231. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0025-326X\(85\)90505-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0025-326X(85)90505-3)
- Rosenblatt, A.E., Heithaus, M.R., Mather, M.E., Matich, P., Nifong, J.C., Ripple, W.J. & Silliman, B.R. (2013). The roles of large top predators in coastal ecosystems: New insights from long term ecological research. *Oceanography*, 26(3), 156-167. <https://doi.org/https://doi.org/10.5670/oceanog.2013.59>
- Rossi, S.P., Cox, S.P., Hammill, M.O., den Heyer, C.E., Swain, D.P., Mosnier, A. & Benoît, H.P. (2021). Forecasting the response of a recovered pinniped population to sustainable harvest strategies that reduce their impact as predators. *Ices Journal of Marine Science*, 78(5), 1804-1814. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab088>
- Rossi, S.P., Wang, Y., den Heyer, C.E. & Benoît, H.P. (2024). Evaluating the potential impacts of grey seal predation and fishery bycatch/discards on cod productivity on the Western Scotian Shelf and in the Bay of Fundy. *Ices Journal of Marine Science*, 81(5), 944-960. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsae053>
- Roy, P., Jain, S. & Maama, M. (2024). The role of Allee effect in cannibalistic species: An action plan to sustain the declining cod population. *Math. Model. Nat. Phenom.*, 19, 15. <https://doi.org/10.1051/mmnp/2024007>
- Rupil, G.M., Angelini, R., Filho, J.L.R., Roman, J. & Daura-Jorge, F.G. (2022). The role of mammals as key predators in marine ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 684, 211-222. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v684/p211-222/>
- Sala, E. (2006). Top predators provide insurance against climate change. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(9), 479-480. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.07.006>
- Sandin, S.A., French, B.J. & Zgliczynski, B.J. (2022). Emerging insights on effects of sharks and other top predators on coral reefs. *Emerg Top Life Sci*, 6(1), 57-65. <https://doi.org/10.1042/etls20210238>
- Savenkoff, C., Castonguay, M., Vézina, A.F., Despatie, S.-P., Chabot, D., Morissette, L. & Hammill, M.O. (2004a). Inverse modelling of trophic flows through an entire ecosystem: the northern Gulf of St. Lawrence in the mid-1980s. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61(11), 2194-2214. <https://www.ingentaconnect.com/content/cndscipub/cjfas/2004/00000061/0000011/art00015>
- Savenkoff, C., Grégoire, F. & Chabot, D. (2004b). Main prey and predators of capelin, *Mallotus Villosus*, in the northern and southern Gulf of St. Lawrence during the mid-1980s and Mid-1990s. Dept. of Fisheries & Oceans, Regional Science Branch, Maurice Lamontagne Institute. 38 pp.

- Savenkoff, C., Morissette, L., Castonguay, M., Swain, D.P., Hammill, M.O., Chabot, D. & Hanson, J.M. (2008). Interactions between marine mammals and fisheries: implications for cod recovery. *In J. Chen and C. Guo (eds), Ecosystem ecology research trends.*
- Savenkoff, C., Swain, D.P., Hanson, J.M., Castonguay, M., Hammill, M.O., Bourdages, H., Morissette, L. & Chabot, D. (2007). Effects of fishing and predation in a heavily exploited ecosystem: Comparing periods before and after the collapse of groundfish in the southern Gulf of St. Lawrence (Canada). *Ecological Modelling*, 204(1-2), 115-128. <Go to ISI>://000246746400013
- Scharff-Olsen, C.H., Galatius, A., Teilmann, J., Dietz, R., Andersen, S.M., Jarnit, S., Kroner, A.-M., Botnen, A.B., Lundström, K., Møller, P.R. & Olsen, M.T. (2018). Diet of seals in the Baltic Sea region: a synthesis of published and new data from 1968 to 2013. *Ices Journal of Marine Science*, 76(1), 284-297. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsy159>
- Scott, B.E. & Wanless, S. (2006). Distribution and foraging interactions of seabirds and marine mammals in the North Sea: multispecies foraging assemblages and habitat-specific feeding strategies. I: Camphuysen, C.J., Boyd, I.L. & Wanless, S. red.) *Top Predators in Marine Ecosystems: Their Role in Monitoring and Management.* (Conservation Biology) Cambridge University Press. 82-97. [https://doi.org/DOI: 10.1017/CBO9780511541964.007](https://doi.org/DOI:10.1017/CBO9780511541964.007)
- Serpetti, N., Baudron, A.R., Burrows, M.T., Payne, B.L., Helaouët, P., Fernandes, P.G. & Heymans, J.J. (2017). Impact of ocean warming on sustainable fisheries management informs the Ecosystem Approach to Fisheries. *Scientific Reports*, 7(1), 13438. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13220-7>
- Sharples, R.J., Arrizabalaga, B. & Hammond, P.S. (2009). Seals, sandeels and salmon: diet of harbour seals in St. Andrews Bay and the Tay Estuary, southeast Scotland. *Marine Ecology-Progress Series*, 390, 265-276. <https://doi.org/10.3354/meps08232>
- Shelton, P.A. & Healey, B.P. (1999). Should depensation be dismissed as a possible explanation for the lack of recovery of the northern cod (*Gadus morhua*) stock? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 56(9), 1521-1524. <https://doi.org/10.1139/f99-124>
- Shelton, P.A. & Lilly, G.R. (2000). Interpreting the collapse of the northern cod stock from survey and catch data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(11), 2230-2239. <https://doi.org/10.1139/f00-191>
- Sheriff, M.J., Peacor, S.D., Hawlena, D. & Thaker, M. (2020). Non-consumptive predator effects on prey population size: A dearth of evidence. *Journal of Animal Ecology*, 89(6), 1302-1316. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2656.13213>
- Sheriff, M.J. & Thaler, J.S. (2014). Ecophysiological effects of predation risk; an integration across disciplines. *Oecologia*, 176(3), 607-611. <https://doi.org/10.1007/s00442-014-3105-5>
- Shin, D.L., Siebert, U., Lakemeyer, J., Grilo, M., Pawliczka, I., Wu, N.H., Valentin-Weigand, P., Haas, L. & Herrler, G. (2019). Highly Pathogenic Avian Influenza

- A(H5N8) Virus in Gray Seals, Baltic Sea. *Emerg Infect Dis*, 25(12), 2295-2298.
<https://doi.org/10.3201/eid2512.181472>
- Siddiqui, S.A., Baruah, S., Wu, Y.S., Yuansah, S.C., Castro-Muñoz, R., Szymkowiak, A. & Kulawik, P. (2024). Investigating the sustainability, utilisation, consumption and conservation of sea mammals – A systematic review. *Sustainable Production and Consumption*, 46, 400-417.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.03.003>
- Sieben, K., Ljunggren, L., Bergström, U. & Eriksson, B.K. (2011). A meso-predator release of stickleback promotes recruitment of macroalgae in the Baltic Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 397(2), 79-84.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jembe.2010.11.020>
- Siebert, U., Joiris, C., Holsbeek, L., Benke, H., Failing, K., Frese, K. & Petzinger, E. (1999). Potential Relation Between Mercury Concentrations and Necropsy Findings in Cetaceans from German Waters of the North and Baltic Seas. *Marine Pollution Bulletin*, 38(4), 285-295.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(98\)00147-7](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0025-326X(98)00147-7)
- Siebert, U., Rademaker, M., Ulrich, S.A., Wohlsein, P., Ronnenberg, K. & Prenger-Berninghoff, E. (2017). BACTERIAL MICROBIOTA IN HARBOR SEALS (PHOCA VITULINA) FROM THE NORTH SEA OF SCHLESWIG-HOLSTEIN, GERMANY, AROUND THE TIME OF MORBILLIVIRUS AND INFLUENZA EPIDEMICS. *Journal of Wildlife Diseases*, 53(2), 201-214.
<https://doi.org/10.7589/2015-11-320>
- Silva, W.T.A.F., Bottagisio, E., Härkönen, T., Galatius, A., Olsen, M.T. & Harding, K.C. (2021). Risk for overexploiting a seemingly stable seal population: influence of multiple stressors and hunting. *Ecosphere*, 12(1), e03343.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ecs2.3343>
- Sinclair, M., O'Boyle, R., Burke, D.L. & Peacock, G. (1997). Why do some fisheries survive and others collapse? In: Hancock, D.A., Smith, D.C., Grant, A., Beumer, J.P. (Eds.), *Developing and Sustaining World Fisheries Resources. The State of Science and Management, 2nd World Fisheries Congress*. CSIRO Publishing, Collingwood, VIC, Australia. 23-35.
- Sinclair, M., Power, M., Head, E., Li, W.K.W., McMahon, M., Mohn, R., O'Boyle, R., Swain, D. & Tremblay, J. (2015). Eastern Scotian Shelf trophic dynamics: A review of the evidence for diverse hypotheses. *Progress in Oceanography*, 138, 305-321. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.09.005>
- Sinisalo, T., Valtonen, E.T., Helle, E. & Jones, R.I. (2006). Combining stable isotope and intestinal parasite information to evaluate dietary differences between individual ringed seals (*Phoca hispida botnica*). *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie*, 84(6), 823-831. <Go to ISI>://000239825100006
- Skern-Mauritzen, M., Lindstrøm, U., Biuw, M., Elvarsson, B., Gunnlaugsson, T., Haug, T., Kovacs, K.M., Lydersen, C., McBride, M.M., Mikkelsen, B., Øien, N. & Víkingsson, G. (2022). Marine mammal consumption and fisheries removals in the Nordic and Barents Seas. *Ices Journal of Marine Science*, 79(5), 1583-1603.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac096>

- Skern-Mauritzen, M., Ottersen, G., Handegard, N.O., Huse, G., Dingsør, G.E., Stenseth, N.C. & Kjesbu, O.S. (2016). Ecosystem processes are rarely included in tactical fisheries management. *Fish and Fisheries*, 17(1), 165-175.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/faf.12111>
- Skov, C., Chapman, B.B., Baktoft, H., Brodersen, J., Brönmark, C., Hansson, L.A., Hulthén, K. & Nilsson, P.A. (2013). Migration confers survival benefits against avian predators for partially migratory freshwater fish. *Biology Letters*, 9, 20121178. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1098/rsbl.2012.1178>
- Skrzypczak, M., Rokicki, J., Pawliczka, I., Najda, K. & Dzido, J. (2014). Anisakids of seals found on the southern coast of Baltic Sea. *Acta Parasitologica*, 59(1), 165-172. <https://doi.org/doi:10.2478/s11686-014-0226-2>
- Sköld, M., Börjesson, P., Wennhage, H., Hjelm, J., Lövgren, J. & Ringdahl, K. (2022). A no-take zone and partially protected areas are not enough to save the Kattegat cod, but enhance biomass and abundance of the local fish assemblage. *Ices Journal of Marine Science*, 79(8), 2231-2246.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac152>
- Smith, L., Gamble, R., Gaichas, S. & Link, J. (2015a). Simulations to evaluate management trade-offs among marine mammal consumption needs, commercial fishing fleets and finfish biomass. *Marine Ecology Progress Series*, 523, 215-232. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v523/p215-232/>
- Smith, L.A., Link, J.S., Cadrin, S.X. & Palka, D.L. (2015b). Consumption by marine mammals on the Northeast U.S. continental shelf. *Ecological Applications*, 25(2), 373-389. <https://doi.org/doi:10.1890/13-1656.1>
- Smith, T.G. (1976). Predation of ringed seal pups (*Phoca hispida*) by the arctic fox (*Alopex lagopus*). *Canadian Journal of Zoology*, 54(10), 1610-1616.
<https://doi.org/10.1139/z76-188>
- Smout, S., Asseburg, C., Matthiopoulos, J., Fernandez, C., Redpath, S., Thirgood, S. & Harwood, J. (2010). The Functional Response of a Generalist Predator. *PLoS ONE*, 5(5). <https://doi.org/e1076110.1371/journal.pone.0010761>
- Smout, S., Rindorf, A., Hammond, P.S., Harwood, J. & Matthiopoulos, J. (2014). Modelling prey consumption and switching by UK grey seals. *Ices Journal of Marine Science*, 71(1), 81-89. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst109>
- Sokolova, M., Buchmann, K., Huwer, B., Kania, P.W., Krumme, U., Galatius, A., Hemmer-Hansen, J. & Behrens, J.W. (2018). Spatial patterns in infection of cod *Gadus morhua* with the seal-associated liver worm *Contracaecum osculatatum* from the Skagerrak to the central Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series*, 606, 105-118. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v606/p105-118/>
- Sonne, C., Lakemeyer, J., Desforges, J.-P., Eulaers, I., Persson, S., Stokholm, I., Galatius, A., Gross, S., Gonnsen, K., Lehnert, K., Andersen-Ranberg, E.U., Tange Olsen, M., Dietz, R. & Siebert, U. (2020). A review of pathogens in selected Baltic Sea indicator species. *Environment International*, 137, 105565.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.105565>
- Sonne, C., Vorkamp, K., Galatius, A., Kyhn, L., Teilmann, J., Bossi, R., Søndergaard, J., Eulaers, I., Desforges, J.-P., Siebert, U. & Dietz, R. (2019). Human exposure to

- PFOS and mercury through meat from baltic harbour seals (*Phoca vitulina*). *Environmental Research*, 175, 376-383.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.05.026>
- Sparholt, H. (1990). Improved estimates of the natural mortality rates of nine commercially important fish species included in the North Sea Multispecies VPA model. *Ices Journal of Marine Science*, 46(2), 211-223.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/46.2.211>
- Springer, A.M., Estes, J.A., van Vliet, G.B., Williams, T.M., Doak, D.F., Danner, E.M., Forney, K.A. & Pfister, B. (2003). Sequential megafaunal collapse in the North Pacific Ocean: An ongoing legacy of industrial whaling? *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 100(21), 12223-12228.
- Sromek, L., Ylinen, E., Kunnasranta, M., Maduna, S.N., Sinisalo, T., Michell, C.T., Kovacs, K.M., Lydersen, C., Ieshko, E., Andrievskaya, E., Alexeev, V., Leidenberger, S., Hagen, S.B. & Nyman, T. (2023). Loss of species and genetic diversity during colonization: Insights from acanthocephalan parasites in northern European seals. *Ecology and Evolution*, 13(10), e10608.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ece3.10608>
- Standing Committee on Fisheries and Oceans (2023). Ecosystem impacts and management of pinniped populations. 78 pp.
- Standing Senate Committee on Fisheries and Oceans (2012). The sustainable management of grey seal populations : A path toward the recovery of cod and other groundfish stocks. Report of the Standing Senate Committee on Fisheries and Oceans. Ottawa. 42 pp.
- Standing Senate Committee on Fisheries and Oceans (2024). Sealing the future - A call to action. Report of the Standing Senate Committee on Fisheries and Oceans. 80 pp.
- Stenman, O. & Pöyhönen, O. (2005). Food remains in the alimentary tracts of Baltic grey and ringed seals. Symposium on Biology and management of seals in the Baltic area, 15-18 February 2005 Helsinki, Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitos. 51-53.
- Strömberg, A., Svärd, C. & Karlsson, O. (2012). Dietstudier av gråsäl (*Halichoerus grypus*) i Östersjön och knubbsäl (*Phoca vitulina*) i Skagerrak och Kattegatt insamlade 2010. NV-02210-11. Naturhistoriska Riksmuséet. Rapport nr 5:2012. 9 pp.
- Sundblad, G., Bergström, U., Sandström, A. & Eklöv, P. (2013). Nursery habitat availability limits adult stock sizes of predatory coastal fish. *Ices Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fst056>
- Suuronen, P. & Lehtonen, E. (2012). The role of salmonids in the diet of grey and ringed seals in the Bothnian Bay, northern Baltic Sea. *Fisheries Research*, 125, 283-288. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2012.03.007>
- Suuronen, P., Lunneryd, S.-G., Königson, S., Coelho, N.F., Waldo, Å., Eriksson, V., Svells, K., Lehtonen, E., Psuty, I. & Vetemaa, M. (2023). Reassessing the management criteria of growing seal populations: The case of Baltic grey seal and coastal fishery. *Marine Policy*, 155, 105684.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105684>

- Svedäng, H. (2023). The Development of Fish Stocks and Fisheries in the Baltic Sea Since the Last Glaciation. Oxford University Press.
- Svedäng, H. & Bardon, G. (2003). Spatial and temporal aspects of the decline in cod (*Gadus morhua* L.) abundance in the Kattegat and eastern Skagerrak. *Ices Journal of Marine Science*, 60(1), 32-37. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2002.1330>
- Svedäng, H., Hagberg, J., Börjesson, P., Svensson, A. & Vitale, F. (2004). Bottenfisk i Västerhavet. Fyra studier av beståndens status, utveckling och lekområden vid den svenska västkusten. *Finfo*, 2004:6, 42 s.
- Svedäng, H. & Hornborg, S. (2014). Selective fishing induces density-dependent growth. *Nature Communications*, 5. <https://doi.org/415210.1038/ncomms5152>
- Svedäng, H. & Rolff, C. (2021). Fisket i Stockholms skärgård under historisk tid. *Havsmiljöinstitutets rapport*, 2021:3, 72 pp.
- Svedäng, H., Savchuk, O., Villnäs, A., Norkko, A., Gustafsson, B.G., Wikström, S.A. & Humborg, C. (2022). Re-thinking the “ecological envelope” of Eastern Baltic cod (*Gadus morhua*): conditions for productivity, reproduction, and feeding over time. *Ices Journal of Marine Science*, 79(3), 689-708. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsac017>
- Svels, K., Salmi, P., Mellanoura, J. & Niukko, J. (2019). The impacts of seals and cormorants experienced by Baltic Sea commercial fishers. *Natural resources and bioeconomy studies 77/2019*, 77/2019, 48 pp.
- Swain, D.P. (2011). Life-history evolution and elevated natural mortality in a population of Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Evolutionary Applications*, 4(1), 18-29. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2010.00128.x>
- Swain, D.P. & Benoît, H.P. (2015). Extreme increases in natural mortality prevent recovery of collapsed fish populations in a Northwest Atlantic ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, 519, 165-182. <http://www.int-res.com/abstracts/meps/v519/p165-182/>
- Swain, D.P., Benoît, H.P. & Hammill, M.O. (2011). Grey seal reduction scenarios to restore the southern Gulf of St. Lawrence cod population. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.*, 2011/035, iv + 8 p.
- Swain, D.P., Benoît, H.P. & Hammill, M.O. (2015a). Spatial distribution of fishes in a Northwest Atlantic ecosystem in relation to risk of predation by a marine mammal. *Journal of Animal Ecology*, 84(5), 1286-1298. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1365-2656.12391>
- Swain, D.P., Benoît, H.P., Hammill, M.O. & Sulikowski, J.A. (2019a). Risk of extinction of a unique skate population due to predation by a recovering marine mammal. *Ecological Applications*, 29(6), e01921. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/eap.1921>
- Swain, D.P. & Chouinard, G.A. (2008). Predicted extirpation of the dominant demersal fish in a large marine ecosystem: Atlantic cod (*Gadus morhua*) in the southern Gulf of St. Lawrence. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65(11), 2315-2319. <https://doi.org/10.1139/f08-175>

- Swain, D.P., Jonsen, I.D., Simon, J.E. & Davies, T.D. (2013). Contrasting decadal trends in mortality between large and small individuals in skate populations in Atlantic Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 70(1), 74-89. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2012-0179>
- Swain, Douglas P. & Mohn, Robert K. (2012). Forage fish and the factors governing recovery of Atlantic cod (*Gadus morhua*) on the eastern Scotian Shelf. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 69(6), 997-1001. <https://doi.org/10.1139/f2012-045>
- Swain, D.P., Ricard, D., Rolland, N. & Aubry, É. (2019b). Assessment of the southern Gulf of St. Lawrence Atlantic Cod (*Gadus morhua*) stock of NAFO Div. 4T and 4Vn (November to April), March 2019. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.*, 2019/038, iv + 105 p.
- Swain, D.P., Savoie, L., Cox, S.P. & Aubry, E. (2015b). Assessment of the southern Gulf of St. Lawrence Atlantic cod (*Gadus morhua*) stock of NAFO Div. 4T and 4Vn (November to April), March 2015. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.*, 2015/080, xiv + 137 p.
- Swain, D.P. & Sinclair, A.F. (2000). Pelagic fishes and the cod recruitment dilemma in the Northwest Atlantic. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57(7), 1321-1325. <https://doi.org/DOI.10.1139/cjfas-57-7-1321>
- Synnes, A.-E.W., Olsen, E.M., Jorde, P.E., Knutsen, H. & Moland, E. (2023). Contrasting management regimes indicative of mesopredator release in temperate coastal fish assemblages. *Ecology and Evolution*, 13(12), e10745. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ece3.10745>
- Szlinder-Richert, J., Barska, I., Mazerski, J. & Usydus, Z. (2008). Organochlorine pesticides in fish from the southern Baltic Sea: Levels, bioaccumulation features and temporal trends during the 1995–2006 period. *Marine Pollution Bulletin*, 56(5), 927-940. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2008.01.029>
- Söderberg, S. (1975). Feeding habits and commercial damage of seals in the Baltic. In *Proceedings of the Symposium on the seal in the Baltic, June 4-6, 1974, Lidingö, Sweden*. National Swedish Environment Protection Agency, Stockholm, PM 591, 66-78.
- Sørli, M., Nilssen, K., Bjørge, A. & Freitas, C. (2020). Diet composition and biomass consumption of harbour seals in Telemark and Aust-Agder, Norwegian Skagerrak. *Marine Biology Research*, 16, 1-12. <https://doi.org/10.1080/17451000.2020.1751205>
- Tershy, B.R., Breese, D. & Alvarez-Borrego, S. (1991). Increase in cetacean and seabird numbers in the Canal de Ballenas during an El Niño-Southern Oscillation event. *Marine Ecology Progress Series*, 299-302.
- Thor, P., Nadaffi, R., Nadolna-Aldyn, K., Oesterwind, D., Henseler, C., Behrens, J.W., Erlandsson, M., Florin, A.-B., Jakubowska-Lehrmann, M., Jaspers, C., Lehtiniemi, M., Putnis, I., Quirijns, F., Rakowski, M., Rosenfelde, L., Ustups, D., Wandzel, T., Witalis, B. & Wozniczka, A. (2023). *Invasive species in the Baltic Sea and their impact on commercial fish stocks*. Union, P.O.o.t.E.

- Thurrow, F. (1997). Estimation of the total fish biomass in the Baltic Sea during the 20th century. *Ices Journal of Marine Science*, 54, 444-461.
- Tirsgaard, B., Behrens, J.W. & Steffensen, J.F. (2015). The effect of temperature and body size on metabolic scope of activity in juvenile Atlantic cod *Gadus morhua* L. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 179, 89-94.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2014.09.033>
- Tjelmeland, S. & Lindstrom, U. (2005). An ecosystem element added to the assessment of Norwegian spring-spawning herring: implementing predation by minke whales. *Ices Journal of Marine Science*, 62, 285-294.
- Tollit, D.J., Greenstreet, P.R. & Thompson, P.M. (1997a). Prey selection by harbour seals, *Phoca vitulina*, in relation to variations in prey abundance. *Journal of Zoology (London)*, 75, 1508-1518.
- Tollit, D.J., Steward, M.J., Thompson, P.M., Pierce, G.J., Santos, M.B. & Hughes, S. (1997b). Species and size differences in the digestion of otoliths and beaks: implications for estimates of pinniped diet composition. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54, 105-119.
- Tomczak, M.T., Müller-Karulis, B., Blenckner, T., Ehrnsten, E., Eero, M., Gustafsson, B., Norkko, A., Otto, S.A., Timmermann, K. & Humborg, C. (2022). Reference state, structure, regime shifts, and regulatory drivers in a coastal sea over the last century: The Central Baltic Sea case. *Limnology and Oceanography*, 67(S1), S266-S284. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/lno.11975>
- Tomczak, M.T., Niiranen, S., Hjerne, O. & Blenckner, T. (2012). Ecosystem flow dynamics in the Baltic Proper-Using a multi-trophic dataset as a basis for food-web modelling. *Ecological Modelling*, 230, 123-147.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.12.014>
- Tormosov, D.D. & Rezvov, G.V. (1978). Information on the distribution, number and feeding habits of ringed and grey seals in the gulfs of Finland and Riga in the Baltic Sea. *Finnish Game Research*, 37, 14-17.
- Trijoulet, V., Dobby, H., Holmes, S.J. & Cook, R.M. (2018a). Bioeconomic modelling of grey seal predation impacts on the West of Scotland demersal fisheries. *Ices Journal of Marine Science*, fsx235-fsx235.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx235>
- Trijoulet, V., Holmes, S.J. & Cook, R.M. (2018b). Grey seal predation mortality on three depleted stocks in the West of Scotland: What are the implications for stock assessments? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1-10.
<https://doi.org/10.1139/cjfas-2016-0521>
- Trites, A.W., Christensen, V. & Pauly, D. (1997). Competition between fisheries and marine mammals for prey and primary production in the Pacific Ocean. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 22, 173-187.
- Trzcinski, M.K., Mohn, R. & Bowen, W.D. (2006). Continued decline of an Atlantic cod population: How important is gray seal predation? *Ecological Applications*, 16(6), 2276-2292. <Go to ISI>://000242849300018

- Trzcinski, M.K., Mohn, R. & Bowen, W.D. (2009). Estimating the Impact of Grey Seals on the Eastern Scotian Shelf and Western Scotian Shelf Cod Populations. *DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc.*, 2009/052, viii + 19 p.
- Tsou, T.S. & Collie, J.S. (2001). Predation-mediated recruitment in the Georges Bank fish community. *Ices Journal of Marine Science*, 58(5), 994-1001.
<https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1088>
- Tyrrell, M.C., Link, J.S. & Moustahfid, H. (2011). The importance of including predation in fish population models: Implications for biological reference points. *Fisheries Research*, 108(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2010.12.025>
- Tyrrell, M.C., Link, J.S., Moustahfid, H. & Overholtz, W.J. (2008). Evaluating the effect of predation mortality on forage species population dynamics in the Northeast US continental shelf ecosystem using multispecies virtual population analysis. *Ices Journal of Marine Science*, 65(9), 1689-1700.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsn185>
- UNEP (1999). Protocol for the Scientific Evaluation of Proposals to Cull Marine Mammals. Report of the Scientific Advisory Committee of the Marine Mammals Action Plan. United Nations Environmental Program, Rome, Italy. 28 pp.
- Valtonen, E.T., Fagerholm, H.-P. & Helle, E. (1988). *Contracecum osculatum* (Nematoda: Anisakidae) in fish and seals in Bothnian Bay (northeastern Baltic Sea). *International Journal for Parasitology*, 18(3), 365-370.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0020-7519\(88\)90146-4](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0020-7519(88)90146-4)
- Valtonen, E.T. & Helle, E. (1988). HOST-PARASITE RELATIONSHIPS BETWEEN 2 SEAL POPULATIONS AND 2 SPECIES OF CORYNOSOMA (ACANTHOCEPHALA) IN FINLAND. *Journal of Zoology*, 214, 361-371. <Go to ISI>://WOS:A1988M422200017
- Valtonen, E.T., Helle, E. & Poulin, R. (2004). Stability of Corynosoma populations with fluctuating population densities of the seal definitive host. *Parasitology*, 129, 635-642. <https://doi.org/10.1017/s0031182004005839>
- Valtonen, E.T., Marcogliese, D.J. & Julkunen, M. (2010). Vertebrate diets derived from trophically transmitted fish parasites in the Bothnian Bay. *Oecologia*, 162(1), 139-152. <https://doi.org/10.1007/s00442-009-1451-5>
- van Denderen, P.D. & van Kooten, T. (2013). Size-based species interactions shape herring and cod population dynamics in the face of exploitation. *Ecosphere*, 4(10), art130. <https://doi.org/https://doi.org/10.1890/ES13-00164.1>
- Vanhatalo, J., Vetemaa, M., Herrero, A., Aho, T. & Tiilikainen, R. (2014). By-Catch of Grey Seals (*Halichoerus grypus*) in Baltic Fisheries-A Bayesian Analysis of Interview Survey. *PLoS ONE*, 9(11).
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113836>
- vattenmyndigheten, H.-o. (2013). Hanöbukten - Regeringsuppdrag. Havs- och vattenmyndighetens rapport 2013-10-31. 107 pp.
- Vigil, K., Wu, H. & Aw, T.G. (2024). A systematic review on global zoonotic virus-associated mortality events in marine mammals. *One Health*, 19, 100872.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.onehlt.2024.100872>

- Villegas-Rios, D., Alós, J., Palmer, M., Lowerre-Barbieri, S., Bañón, R., Alonso-Fernández, A. & Saborido-Rey, F. (2014). Life-history and activity shape catchability in a sedentary fish. *Marine Ecology Progress Series*, 515, 239-250. <https://doi.org/10.3354/meps11018>
- Vincent, C., Ridoux, V., Fedak, M.A., McConnell, B.J., Sparling, C.E., Leaute, J.-P., Jouma'a, J. & Spitz, J. (2016). Foraging behaviour and prey consumption by grey seals (*Halichoerus grypus*)—spatial and trophic overlaps with fisheries in a marine protected area. *Ices Journal of Marine Science*, 73(10), 2653-2665. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw102>
- Waldo, S., Paulrud, A. & Blomquist, J. (2019). The economic costs of seal presence in Swedish small-scale fisheries. *Ices Journal of Marine Science*, 77(2), 815-825. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz221>
- Waldo, Å., Johansson, M., Blomquist, J., Jansson, T., Königson, S., Lunneryd, S.-G., Persson, A. & Waldo, S. (2020). Local attitudes towards management measures for the co-existence of seals and coastal fishery - A Swedish case study. *Marine Policy*, 118, 104018. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.104018>
- Wallin Kihlberg, I., Florin, A.-B., Lundström, K. & Östman, Ö. (2023). Detection of multiple fish species in the diet of the invasive round goby reveals new trophic interactions in the Baltic Sea. *Aquatic Invasions*, 18(2), 141-162. <https://doi.org/10.3391/ai.2023.18.2.104960>
- Walters, C.J. (1986). Adaptive management of renewable resources. Macmillan Publishers Ltd. .
- Wang, Y. (2016). Changes in natural mortality of Atlantic cod (*Gadus morhua*) on Eastern Georges Bank. *Journal of Ocean University of China*, 15(5), 879-889. <https://doi.org/10.1007/s11802-016-3019-4>
- Weller, D.W. (2009). Predation on Marine Mammals. I: Perrin, W.F., Würsig, B. & Thewissen, J.G.M. red.) *Encyclopedia of Marine Mammals (Second Edition)*. Academic Press. 923-932. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-373553-9.00210-8>
- Wennhage, H., Naddafi, R., Mustamäki, N., Orio, A., Bergström, L., Sköld, M., Bergenius, M., Valentinsson, D. & Olsson, J. (2021). Påverkansanalys fisk – till åtgärdsprogram för havsmiljön. *Aqua reports*, 2021:22, 81 pp.
- Werner, E.E. & Peacor, S.D. (2003). A Review of Trait-Mediated Indirect Interactions in Ecological Communities. *Ecology*, 84(5), 1083-1100. [https://doi.org/https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2003\)084\[1083:AROTII\]2.0.CO;2](https://doi.org/https://doi.org/10.1890/0012-9658(2003)084[1083:AROTII]2.0.CO;2)
- Westphal, L., Klemens, L., Reif, F., van Neer, A. & Dähne, M. (2023). First evidence of grey seal predation on marine mammals in the German Baltic Sea. *Journal of Sea Research*, 192, 102350. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102350>
- Whitehead, H., Iverson, S., Worm, B. & Lotze, H. (2012). Independent Marine Scientists Respond to Senate Fisheries Committee Report 'The Sustainable Management of Grey Seal Populations: A Path

- Toward the Recovery of Cod and Other Groundfish Stocks'. Open letter. Humane Society International/Canada, November 06, 2012. 1 p.
<https://doi.org/https://www.globenewswire.com/news-release/2012/11/06/1425132/0/en/Independent-Marine-Scientists-Respond-to-Senate-Fisheries-Committee-Report-The-Sustainable-Management-of-Grey-Seal-Populations-A-Path-Toward-the-Recovery-of-Cod-and-Other-Groundfis.html>
- Wickens, P.A. (1995). A review of operational interactions between pinnipeds and fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper*, 346, 86 pp.
- Wiedenmann, J. & Legault, C.M. (2022). Something strange in the neighborhood: Diverging signals in stock assessment data for Northeast U.S. fish stocks. *Fisheries Management and Ecology*, 29(3), 269-285.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1111/fme.12532>
- Wing, S.R., Wing, L.C., O'Connell-Milne, S.A., Barr, D., Stokes, D., Genovese, S. & Leichter, J.J. (2021). Penguins and Seals Transport Limiting Nutrients Between Offshore Pelagic and Coastal Regions of Antarctica Under Changing Sea Ice. *Ecosystems*, 24(5), 1203-1221. <https://doi.org/10.1007/s10021-020-00578-5>
- Winter, A.M., Vasilyeva, N. & Vladimirov, A. (2023). Spawner weight and ocean temperature drive Allee effect dynamics in Atlantic cod, *Gadus morhua*: inherent and emergent density regulation. *Biogeosciences*, 20(17), 3683-3716.
<https://doi.org/10.5194/bg-20-3683-2023>
- Wirsing, A.J., Heithaus, M.R., Frid, A. & Dill, L.M. (2008). Seascapes of fear: evaluating sublethal predator effects experienced and generated by marine mammals. *Marine Mammal Science*, 24(1), 1-15. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2007.00167.x>
- Worm, B. & Duffy, J.E. (2003). Biodiversity, productivity and stability in real food webs. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(12), 628-632.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tree.2003.09.003>
- Worm, B., Lotze, H.K., Hillebrand, H. & Sommer, U. (2002). Consumer versus resource control of species diversity and ecosystem functioning. *Nature*, 417(6891), 848-851. <https://doi.org/10.1038/nature00830>
- Wright, B.E., Riemer, S.D., Brown, R.F., Ougzin, A.M. & Bucklin, K.A. (2007). Assessment of harbour seal predation on adult salmonids in a Pacific Northwest estuary. *Ecological Applications*, 17(2), 338-351.
- Wright, P., Dobby, H. & Fox, C. (2024). Northwest European Shelf Cod Stocks; North Sea, West of Scotland, Irish Sea and Celtic Sea. In Kulatska, N., Howell, D., Wright, P.J., & Jónsdóttir, I.G. (Eds.). 2024. *Biology and Ecology of Atlantic Cod* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781003120872>. I. 136-173.
<https://doi.org/10.1201/9781003120872-7>
- Yodzis, P. (1998). Local trophodynamics and the interaction of marine mammals and fisheries in the Benguela ecosystem. *Journal of Animal Ecology*, 67, 635-658.
- Yodzis, P. (2000). Diffuse effects in food webs. *Ecology*, 81(1), 261-266.
- Yodzis, P. (2001). Must top predators be culled for the sake of fisheries? *Trends in Ecology and Evolution*, 16(2), 78-84.

- Yurk, H. & Trites, A.W. (2000). Experimental attempts to reduce predation by harbour seals on out-migrating juvenile salmonids. *Transactions of the American Fisheries Society*, 129, 1360-1366.
- Zacharias, M.A. & Roff, J.C. (2001). Use of focal species in marine conservation and management: a review and critique. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 11(1), 59-76.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/aqc.429>
- Zemeckis, D.R., Dean, M.J. & Cadrin, S.X. (2014). Spawning Dynamics and Associated Management Implications for Atlantic Cod. *North American Journal of Fisheries Management*, 34(2), 424-442.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/02755947.2014.882456>
- Zohari, S., Neimanis, A., Härkönen, T., Moraeus, C. & Valarcher, J.F. (2014). Avian influenza A(H10N7) virus involvement in mass mortality of harbour seals (*Phoca vitulina*) in Sweden, March through October 2014. *Eurosurveillance*, 19(46), 20967. <https://doi.org/https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES2014.19.46.20967>
- Zuo, S., Kania, P.W., Mehrdana, F., Marana, M.H. & Buchmann, K. (2018). *Contracaecum osculatum* and other anisakid nematodes in grey seals and cod in the Baltic Sea: molecular and ecological links. *Journal of Helminthology*, 92(1), 81-89. <https://doi.org/10.1017/S0022149X17000025>
- Österblom, H., Hansson, S., Larsson, U., Hjerne, O., Wulff, F., Elmgren, R. & Folke, C. (2007). Human-induced trophic cascades and ecological regime shifts in the Baltic sea. *Ecosystems*, 10, 877-889.
- Östman, Ö., Eklöf, J., Eriksson, B.K., Olsson, J., Moksnes, P.-O. & Bergström, U. (2016). Top-down control as important as nutrient enrichment for eutrophication effects in North Atlantic coastal ecosystems. *Journal of Applied Ecology*, 53(4), 1138-1147. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12654>