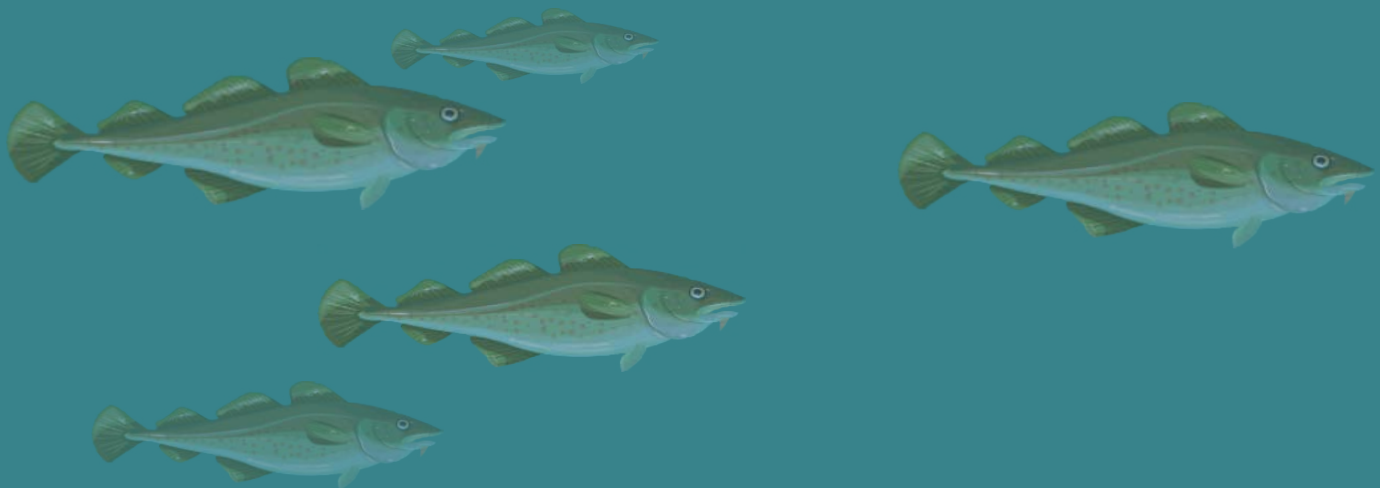


Sammanställning av experiment:

# Varför växer inte torskens i Östersjön?



Experiment och text av:

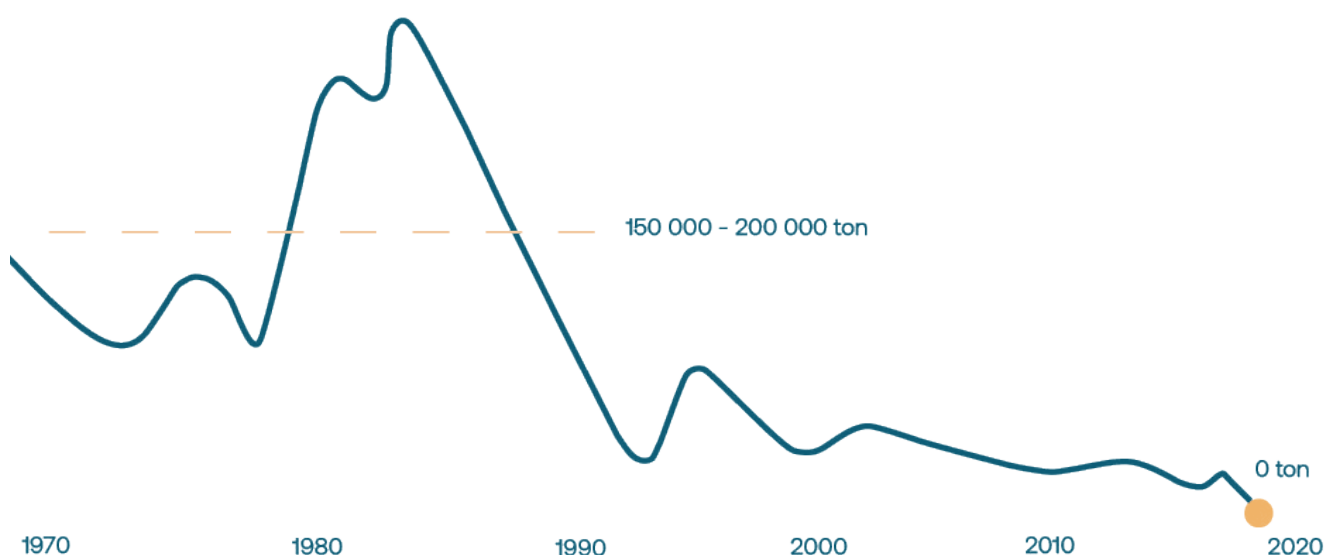
Per Larsson, professor emeritus, Linnéuniversitetet  
Johanna Fröjd, projektledare ReCod, BalticWaters

maj 2024

## Bakgrund

Torsk (*Gadus morhua*) har ett stort utbredningsområde från Amerikas östkust till Europa, men torsk i Östersjön skiljer sig åt från artfränderna i det större utbredningsområdet. Torsken som finns i Östersjön är anpassad till betydligt lägre salthalter än torsk som finns i Västerhavet och Atlanten. Anpassningen innebär bland annat andra lektider och överlevnad för rom och yngel vid låga salthalter<sup>1,2</sup>. All torsk från det östra beståndet i Östersjön tillhör samma population (är panmiktisk dvs alla torskar har möjlighet att leka med varandra och få avkomma) och leker i samma område vid Bornholm (tidigare även vid Gotland och Gdanskdjupet)<sup>3</sup>.

Under 1985 fångades nära 500 000 ton torsk i Östersjön, vilket utgjorde en stor del av världsproduktionen. Under följande år minskade fångsterna för att i nutid helt ha kollapsat. Överfisket har idag lett till ett förbud att fånga torsk i Östersjön. Förbudet ska leda till att torskpopulationen återhämtar sig, men detta har ännu inte gett resultat. Ett uppmärksammat fenomen har däremot visat sig, den unga torsken tillväxer dåligt och är mager så kallade ”slipstorskar”<sup>4,5,6,7</sup>. Hypoteser om varför tillväxten är så dålig är flera och här ingår förslag som försämrade födokvalitet, konkurrens (”tusenbrödrabestånd”) och utebliven födomigration.



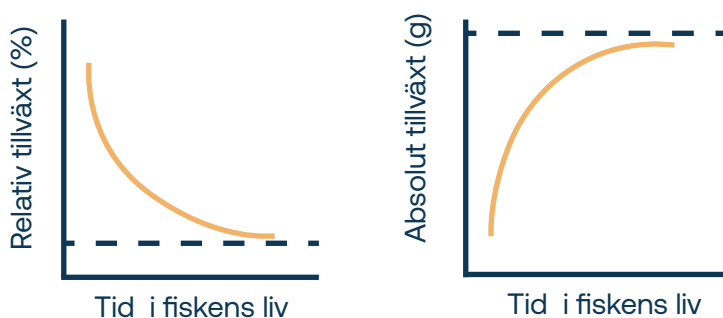
**Torskfångster i Östersjön.** Historiskt har det i genomsnitt fiskats ca 150 000 ton torsk per år, men 2019 stod det klart att beståndet kollapsat och sedan dess råder fiskestopp på torsk från östra Östersjön.

Inom ramen för projektet [ReCod – utsättning av småtorsk i Östersjön](#), fångade vi och tog in småtorsk till forskningsstationen Ar på Gotland och genomförde ett experiment. Målsättningen med försöket var att fastställa om den dåliga tillväxten av torsk i Östersjön beror på dålig födokvalité, på förekomsten av främmande ämnen som miljögifter eller algtoxiner och/eller brist på essentiella ämnen som vitamin B1 (tiamin). I experimentet jämfördes därför torsk som matades med skarpsill från Östersjön med torsk som fick skarpsill från Västerhavet. Skarpsill är ett viktigt födoslag för torsk, men studier har samtidigt indikerat låga fetthalter och brist på tiamin. Hypotesen var således att föda från Västerhavet skulle innebära en normal tillväxt för torsken, medan dieten med ursprung från Östersjön skulle försämra tillväxten.

## Fiskars tillväxt

I motsats till däggdjur och fåglar växer fiskar hela livet. Fiskartens ungefärliga storlek är däremot genetisk fastställd, vilket innebär att en sill blir betydligt mindre än en torsk. Livslängden på sill och torsk skiljer sig också åt, sill betraktas som en kortlivad art medan torsken kan bli över 20 år gammal. Generellt blir fiskätande rovfiskar större och äldre än sitt byte, vilket gäller för torsken som äter sill och skarpsill i vuxen ålder. Torsken genomgår också en förändring från larvstadium till vuxen fisk, ett så kallat "ontogenetiskt nisch-shifte". Det innebär att torsken livnar sig på olika byten under sin livstid, där larven äter djurplankton, tillväxer och äter bottendjur för att sedan övergå till fisk-diet. Det sker för att minska konkurrensen mellan olika livsstadier av arten, även kallat inom-artskonkurrens (intraspecific competition). Sill, däremot, äter plankton under hela sin livstid och här konkurrerar alla årsklasser (storlekar) med varandra om samma föda och inomarts-konkurrensen är därmed hög.

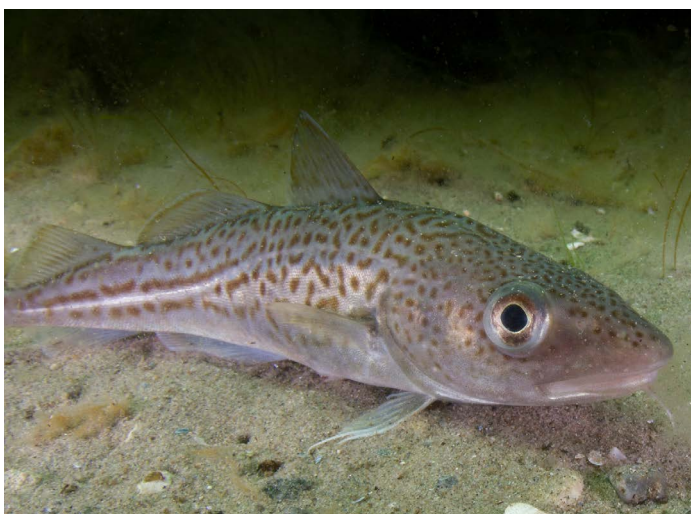
Tillväxten hos fisk kan mätas på två olika sätt, som absolut och som relativ tillväxt (Figur 1). Den absoluta tillväxten mäts i vikt (eller längd) från den första provtagningen till den andra. Under fiskens liv så ökar den absoluta tillväxten hela tiden för att mot slutet avstanna. Den relativa tillväxten mäts i procent av vad fisken vägde tidigare och minskar sedan under fiskens livslängd. En torsk som väger 130 g vid första provtagningen och 160 g vid den andra har således en absolut tillväxt på 30 g medan den relativa tillväxten är  $30 \times 100/130 = 23,1\%$ . Om tiden mellan provtagningarna är 25 dagar så är den absoluta tillväxten 30/25 vilket ger 2 g/dag, medan den relativa tillväxten är 0,9 %/dag. Eftersom fiskar av samma ålder skiljer sig mycket i vikt (eller längd) så är den relativa tillväxten alltid jämförbar mellan fiskar oavsett storlek medan den absoluta tillväxten beror på vad fiskarna vägde från början (alla fiskar ska ha samma vikt från början för att den absoluta tillväxten ska kunna jämföras).



Figur 1. Relativ tillväxt (%) hos en fisk som minskar under fiskens liv, medan den absoluta tillväxten (gram) ökar under livslängden. Både den relativa och den absoluta tillväxten avstannar under fiskens liv, men den slutar aldrig växa.

## Tillväxtexperiment

Torsk från Östersjön (delområde SD25) fångades med experimenttrål i november 2023 och transporterades till forskningsstationen Ar på Gotland. Fisken sattes i aklimatiseringskar och fisk som skadats under fångsten sorterades bort. Fiskarna märktes därefter individuellt med elektroniska märken för identifiering. Därefter togs slumpvis 100 fiskar ut och fördelade jämnt på två kar. Fisken vägde mellan 62 – 287 gram och hade en längd av 190 – 295 mm. Karen hade en diameter av 2,5 m och en höjd av 1,5 m och fylldes med vatten upp till 1,3 m. Vatten togs in från Östersjön via en ledning på 3,5 m djup (salthalt 7 promille),



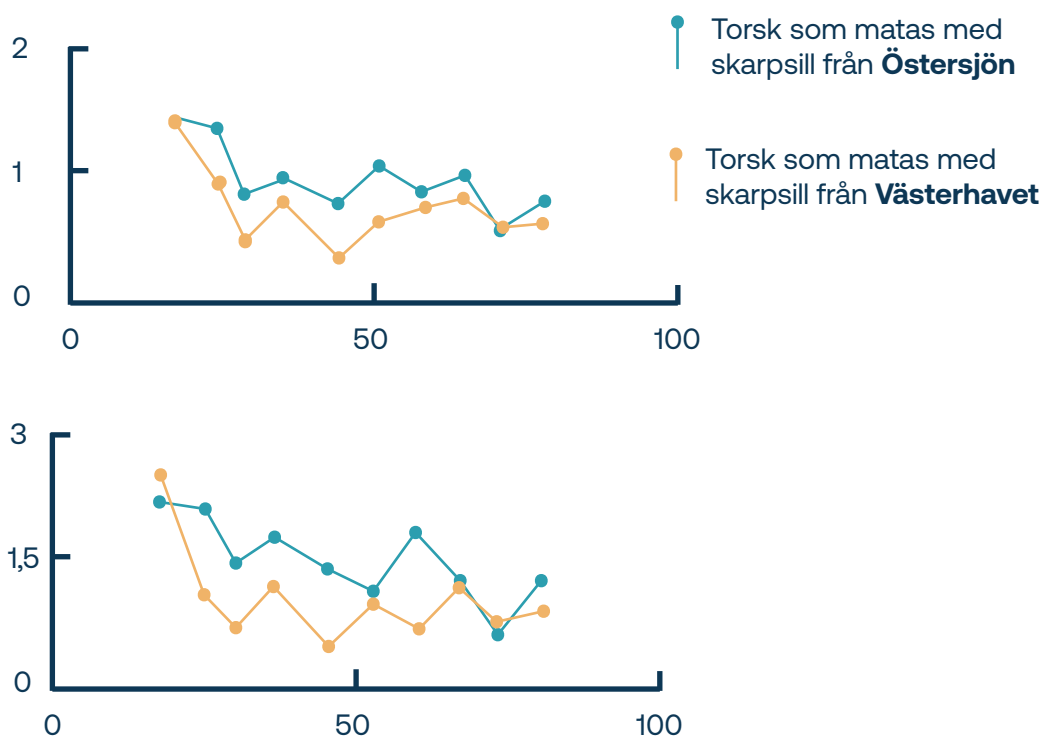
Liten torsk i Östersjön. Foto: Madeleine Kullenbo, BalticWaters

och vattenutbytet var 4 m<sup>3</sup>/timme. Temperaturen i de två karn skilde sig inte åt under försöket och var mellan 2,4–5,9 °C, med den lägsta temperaturen i slutdelen av experimentet.

Torsken i karn matades dagligen med skarpsill från södra Östersjön eller med skarpsill från Västerhavet (Nordsjöns mellersta del). Födoransonen (ca 27 gram/dag) var "obegränsad" och fisken fick därmed äta så mycket den ville. Skarpsill som inte konsumerats, togs dagligen ut från karn och vägdes.

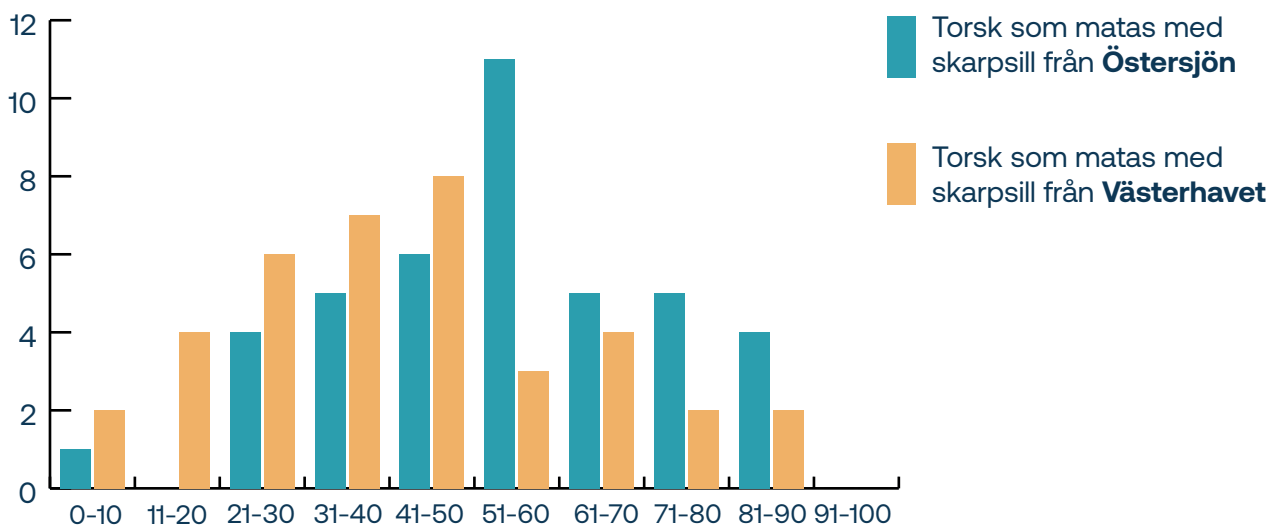
Efter 17 dagar genomfördes den första provtagningen. Fem fiskar togs slumpvis ut från varje karn och vägdes (och mättes) till närmsta 2 gram och sattes sedan tillbaka i respektive karn. Därefter genomfördes veckovis samma provtagning, totalt 10 provtagningar under 78 dagar.

Tillväxten av torsk under försökets gång skilde sig inte åt beroende på födas ursprung, skarpsill från Östersjön eller från Västerhavet. Den relativa tillväxten var högst i försökets början, där viktökningen var över 1,4 % per dag (Figur 2) för att sedan minska något. Minskningen innebar sedan en tillväxt kring 1% per dag för torsk matad med skarpsill från Östersjön medan torsk matad med föda från Västerhavet hade en lägre tillväxt kring 0,4 – 0,8 % per dag. I försökets slutskede var tillväxten 0,6 – 0,8 % per dag för bägge behandlingarna. Detta motsvarade en total tillväxt av 2,3 – 2,5 gram per dag för torsken för att i försökets slutskede minska till ca 1 gram per dag. En tillväxt kring 1%/dag för småtorsk kring 100 gram är nära den optimala tillväxt som visats av norska forskare i aquakultur.<sup>8</sup>



Figur 2. Relativ (%/dag, övre) och absolut tillväxt (gram/dag, nedre) för torsk som matats med skarpsill från Östersjön och med skarpsill från Västerhavet.

Den relativa tillväxten för samtliga torskar beräknat från försökets start (dag 0) till försökets slut (dag 78) var 52,8% (standardavvikelse 18,9) för fisk som matats med skarpsill från Östersjön. Torsk som matats med skarpsill från Västerhavet uppvisade en tillväxt på 42,7 % (standardavvikelse 20,3). Skillnaden var inte signifikant (Figur 3). Som förväntat påverkades torskens absoluta tillväxt (gram/dag) av fiskens startvikt (ett samband där tillväxten ökade med fiskens storlek från början) medan något sådant samband inte fanns mellan fiskens startvikt och den relativa tillväxten (%/dag). Således ska jämförelser i tillväxt göras relativt.



Figur 3. Relativ tillväxt för torsk från försökets start till dess slut (efter 78 dagar). Blå staplar anger torsk som matats med skarpsill från Östersjön medan orangea staplar anger torsk som matats med skarpsill från Västerhavet. Blå stapel längst bort till höger visar att 4 fiskar har ökat sin kroppsvikt med 90 %, alltså nästan fördubblat sin kroppsvikt under experimentet

Försöket visade med all tydlighet att tillväxten för torsk från Östersjön inte begränsas av hämmande ämnen i födan (skarpsill), som antropogena miljögifter eller gifter av naturligt ursprung (exempelvis algtoxiner). Vidare tycks vitaminbrist (vitamin B1, tiamin) inte vara en faktor som skulle utgöra en förklaring till varför tillväxten av torsk i Östersjön är dålig<sup>9</sup>. Att skarpsill skulle utgöra ett födoslag som har låga tiaminhalter (där vitaminet skulle brytas ned i tarmen på skarpsill) och därmed orsaka låg tillväxt för torsk är osannolikt. Försöket indikerar i stället att födobrist är den grundläggande orsaken till att torsken inte växer normalt i Östersjön<sup>10</sup>.

Man kan spekulera till orsakerna till denna födobrist. En förklaring, och kanske den enklaste, är att fiskeuttaget av sill och skarpsill i torskens uppväxtområde är för högt och födotillgången är för låg. En annan förklaring är att torskens normala fördelning, så kallad "social struktur", i uppväxtområdena slagits sönder av överfisket och att beståndet nu helt består av unga, mindre fiskar och att större individer saknas helt. Detta påverkar födomigrationen och torsken stannar i områden även om det saknas bytesfiskar. Detta skulle förstärkas av konkurrens mellan de småtorskar som finns i området, som är många och äter samma storlek på bytesdjur.

## Växer större torsk på Ar?

Torsk har också fångats i Östersjön på ett flertal platser och tider och tagits in till Ar med huvudmålsättningen att fiskarna ska leka och ge underlag för produktion av larver för utsättning. Storleken på torsken har varierat från ett hundratal gram upp till 4 kg och fisken har som längst befunnit sig i anläggningen >600 dagar. De har utfodrats med en varierad diet bestående av främst räkor, skarpsill och sill med tillsatta vitaminer. Tillväxten på dessa fiskar har varit hög och viktökningen har varit från under ett halvt kg till över 4 kg och ibland mer och med en maximal längdtillväxt på över 40 cm.

Den viktigaste slutsatsen från resultaten är att det inte finns någon genetisk komponent som förhindrar tillväxt hos torsken i Östersjön, som fiskeinducerad mortalitet. Fiskeinducerad mortalitet innebär att stora individer fiskas upp under högt fisketryck.

När högt fisketryck fortgår under lång tid och börjar fisk bli könsmogen vid mindre storlekar<sup>11</sup> – ett fenomen som syns i Östersjön. Denna process kan sedan förankras genetiskt, så att avkomman till ”mindre” fisk blir könsmogen vid en mindre storlek (och ålder) och därmed minskar den individuella storleken i beståndet<sup>12</sup>. Detta är alltså inte fallet för torsken i Östersjön då processen är reversibel och med tillgång till föda är tillväxten hög.

Resultaten visar också att en eventuell parasitbelastning (exempelvis sälmask) inte påverkar tillväxten på torsk när födotillgången är tillräcklig. Torsken ökar i vikt direkt när den kommit in till forskningsstationen Ar och börjar matas, något som inte hade skett om tillväxten begränsats av parasiter som infekterat fisken ute i havet. Generellt belastas de flesta fiskarter av parasiter, men effekterna av exponeringen balanseras av födointag och utgör vanligen inte allvarliga skadeverkningar.

Om tillväxten för torsk i Östersjön är begränsad på grund av brist på vitamin B1 (tiamin, M74 syndrom), så är denna effekt direkt reversibel när torsken får annan föda. Att vitaminbrist utgör ett hinder för tillväxt är osannolikt, man tycker att effekten skulle kvarstå under inledningsperioden vid Ar och minska tillväxten. Slutsatsen styrks också från det tillväxtförsök med skarpsill som beskrivits ovan.

Försöken från Ar visar förutom den höga tillväxten på torsk från Östersjön att det är fullt möjligt att få fisken i lek som resulterar i rom och larver. Könsmogna fiskar sattes i en ”lekbassäng” där spontan lek fortgick under flera månader (som längst från mars till oktober). Under lekperioden minskade fiskarna i vikt, vilket sker naturligt då fisken både äter mindre under leken samt tappar vikt till följd av att de släpper ägg och spermier. Rom samlades in och sattes i inkubatorer med torsklarver som resultat. Efter 4–6 dagar efter kläckning (som tog 12,9 dagar kläckning vid 7 °C, 90 dygnsgrader) transporterades larverna för utsättning till flera områden, som Tvären i Sörmland och Kappelhamn, Gotland. Totalt har två miljoner larver satts ut i områdena. Resultaten indikerar att den initiala processen att förstärka beståndet av torsk i Östersjön är möjlig, intag av fisk – tillväxt – lek – produktion av rom – kläckning av larver – utsättning.



**Östersjötorsk.** Foto: Madeleine Kullenbo, BalticWaters

## Slutsatser från forskningen på Ar

Den dåliga tillväxten av torsk i Östersjön beror på födobrist. Tillväxten ökar mot maximum (optimal) när fisken utfordras. Det finns inga begränsande faktorer när torsken matas med skarpsill från Östersjön, tillväxten är lika hög (optimal) som när torsken får skarpsill från Västerhavet. Torsken på forskningsstationen Ar blir könsmogna, leker och producerar rom som ger avkomma i form av larver. Stora mängder larver från projektet ReCod har satts ut på flera kustområden i Östersjön. Resultaten från projektet visar att det är fullt möjligt att hålla Östersjötorsk i recirkulerande akvatiska system i aquakultur och få en stor produktion av larver för utsättning, och stärka beståndet av torsk i detta innanhav.

## Referenser

- 1 Nissling A, Vallin L (1996) The ability of Baltic cod eggs to maintain neutral buoyancy and the opportunity for survival in fluctuating conditions in the Baltic Sea. *Journal of Fish Biology*. 48: 217-227.
- 2 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.
- 3 Hinrichsen H-H, et al. (2016) Spawning areas of eastern Baltic cod revisited: Using hydrodynamic, modelling to reveal spawning habitat suitability, egg survival, probability, and connectivity patterns. *Progress in Oceanography*. 143: 13-25.
- 4 Bergenius M, et al. (2019) Östersjöns torskar illa ute. *Fauna och Flora* 114: 2-9.
- 5 Mion M (2021) Increasing the biological knowledge of Baltic Sea cod: growth, movements and reproductive potential from historical and contemporary data. Doctoral Thesis. Lysekil 2021. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae* 2021:20.
- 6 Eero M, et al. (2023) New insights into the recent collapse of Eastern Baltic cod from historical data on stock health. *PLOS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0286247>
- 7 Neunfeldt S, et al. (2020) Feeding and growth of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) in the eastern Baltic Sea under environmental change. *ICES Journal of Marine Science* 77: 624-632. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz224>
- 8 Björnsson B, Steinarsson A, Árnason T (2007) Growth model for Atlantic cod (*Gadus morhua*): Effects of temperature and body weight on growth rate. *Aquaculture* 271: 216-226. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.06.026>
- 9 Hylander S, et al. (2020) Tiaminbrist i Östersjöområdet. *Havsmiljöinstitutets rapport nr. 2020:07*.
- 10 Engelhardt J, et al. (2020) Severe thiamine deficiency in eastern Baltic cod (*Gadus morhua*). *PLOS ONE* <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227201>
- 11 Olsen EM, et al. (2004) Maturation trends indicative of rapid evolution preceded the collapse of northern cod. *Nature*. 428: 932-935 <https://www.nature.com/articles/nature02430>
- 12 Reznick D, Ghelambor C (2005) Can commercial fishing cause evolution? Answers from guppies (*Poecilia reticulata*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 62:791-801 <https://doi.org/10.1139/f05-079>