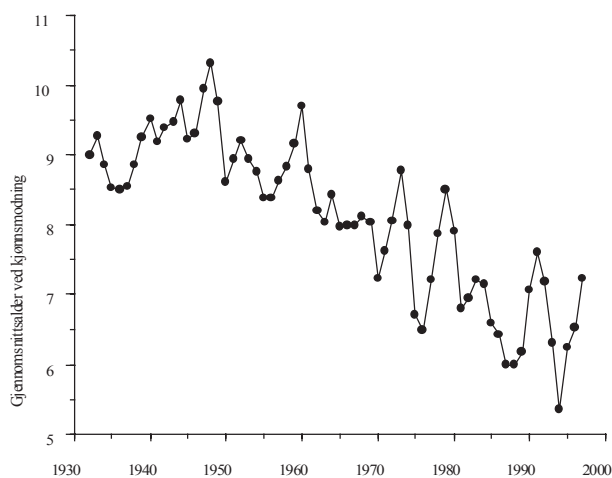


Mikko Heino, Ulf Dieckmann, Georg Engelhard og Olav Rune Godø

Kan fiske fungere som en evolusjonær kraft som påvirker fiskebestander? Nye analyser av livshistorietrekk i flere sterkt høstede fiskebestander indikerer at betydelige evolusjonære forandringer kan skje i løpet av noen få generasjoner. Slike endringer kan påvirke muligheten for bærekraftig høsting av våre marine ressurser.

Et fiske betyr at fisk blir fjernet fra populasjonen – og typisk skjer dette svært selektivt. For eksempel, store og gamle individer har ofte mye høyere sjanser til å bli fanget enn de små som kan svømme gjennom maskene. Regulering av seleksjonsegenskapene til fiskeredskap betraktes rett og slett som en grei måte å påvirke fiskets effekt på fiskebestander på, slik at bærekraftig høsting kan oppnås. Ulempen med denne seleksjonen er at de som blir fanget ikke lenger kan bidra med sitt genetiske materiale til de kommende generasjoner. Særlig når fiskedødeligheten er høy, vil individer som utsetter kjønnsmodningen sannsynligvis ikke overleve til å gyte i det hele tatt, mens de som blir kjønnsmodne tidlig nok har mulighet til å gyte minst en gang. Dersom tendensen til å bli kjønnsmodne tidlig eller sent går i arv – slik det er påvist med oppdrettsfisk, vil seleksjon over generasjoner forandre genotypesammensetningen i fiskepopulasjoner. Dette er evolusjon slik Charles Darwin beskrev den, men nå med fiske som pådriver.



**Figur 6.5.1**  
Gjennomsnittsalder ved kjønnsmodning på skrei.  
Mean age at maturation of cod spawning in the Lofoten area.



Foto A.B.Wise © Norsk Folkemuseum, Oslo.

**Figur 6.5.2**

En stor skrei fra Lofoten rundt 1910. En årsak til at skrei så stor som den på bildet er blitt stadig mer sjelden, er at norsk-arktisk torsk blir kjønnsmodne i stadig yngre alder.

*A large spawning cod caught in the Lofoten area in the beginning of the 20th century. One of the reasons that cod this large have become increasingly rare is that Northeast Arctic cod mature at earlier and earlier ages.*

### Tidligere kjønnsmodning i flere bestander – hvorfor?

I høstede fiskebestander kan man nesten som en regel observere at fisk nå for tiden blir kjønnsmodne tidligere enn noen tiår tilbake. For eksempel er alder ved kjønnsmodning hos norsk-arktisk torsk nå fem-åtte år, mot åtte-ti år på 1930-tallet. (Figur 6.5.1 og 6.5.2). Dette er som ventet ifølge evolusjonær seleksjon – kjønnsmodning ved så pass høy alder som ti-elleve år ville, med dagens høstingsnivå på norsk-arktisk torsk, være så godt som ensbetydende med et evolusjonært selvmord! Riktignok er norsk-arktisk torsk kanskje det mest ekstreme eksempelet, men tendensen er den samme i mange andre bestander, spesielt i de bestandene som historisk ble kjønnsmodne ved høy alder.

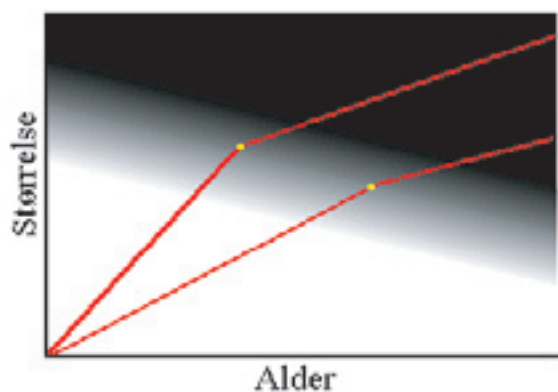
Men tidligere kjønnsmodning kan også ha en annen forklaring, fenotypisk plastisitet. Det er godt mulig at når antallet fisk synker, blir det mindre beitekonkurranse mellom

de individene som står igjen, slik at de vokser bedre (dette er dokumentert på f.eks. norsk-arktisk torsk) – og bedre vekst gir tidligere kjønnsmodning. Tradisjonelt er denne mekanismen betraktet som en enklere og mer troverdig forklaring av observasjoner på tidlig kjønnsmodning enn evolusjon. Disse to mekanismene utelukker ikke hverandre, tvert imot kan det ofte være sannsynlig at begge mekanismene står bak forandringer med hensyn til kjønnsmodning.

Spørsmålet er, kan den ene eller den andre forklaringen be-traktes som uviktig og ignoreres? Dette gjelder ikke kun forandringer i kjønnsmodning, men variasjoner i fiskens egenskaper generelt. Miljøet kan påvirke fiskens livshistorietrekk og atferd drastisk, og samtidig vet vi at fiske kan være selektivt i henhold til de egenskaper som har genetiske komponenter. Man har ikke vært i stand til å besvare dette spørsmålet, på grunn av manglende verktøy som kan brukes for å måle de plastiske og genetiske komponenter i fiskens egenskaper. Direkte bevis er jo vanskelig å føre. Det historiske materialet som kan brukes til genetiske analyser er ofte begrenset og ikke konservert på en ideell måte. I tillegg vet vi altfor lite om hva som er forholdet mellom målbar genetisk variasjon og økologisk viktige, makroskopiske egenskaper. Framgang med slik forståelse er ventet, men ligger fortsatt noen år frem i tid. I mellomtiden må vi holde oss til andre tilnæringsmåter.

### Ny metodikk

En metode er nylig blitt utviklet for å skille miljø- og genetiske effekter i modning. Metoden er basert på såkalt



**Figur 6.5.3**

Probabilistisk reaksjonsnorm for kjønnsmodning ved gitt størrelse og alder beskriver hvordan sannsynlighet for å bli kjønnsmoden i en viss periode er avhengig av størrelse og alder. Grå gradering viser hvordan denne sannsynligheten øker med alder og størrelse. To vekstkurver er tegnet i rødt, en for et individ med langsom vekst, og en for et individ med rask vekst. Gule prikker viser størrelsen og alderen ved kjønnsmodning.

*Probabilistic reaction norms for age and size at maturation describe how the probability of an organism maturing during a given time interval depends on its age and size. Shades of grey illustrate how this probability may increase with age and size. Two growth trajectories are shown in red, one for a slow-growing fish and one for a fast-growing fish. Yellow dots indicate the age and size at which these fish mature.*

”probabilistisk reaksjonsnorm for kjønnsmodning ved gitt størrelse og alder”, som angir sannsynligheten for å bli kjønnsmoden ved gitt størrelse og alder (Figur 6.5.3). Slike reaksjonsnormer kan ofte estimeres ut fra historiske data. Vekstvariasjoner påvirker sannsynlighet for å oppnå en viss størrelse og alder, og dermed hvordan populasjonen ”sampler” reaksjonsnormen – selve reaksjonsnormen er ikke påvirket. Derimot kan den bli forandret av evolusjonær seleksjon fra fisketrykket, for eksempel slik at tidligere kjønnsmodning blir mer sannsynlig. En slik gradvis trend over lengre perioder tyder på en evolusjonær forandring i modningstendens.

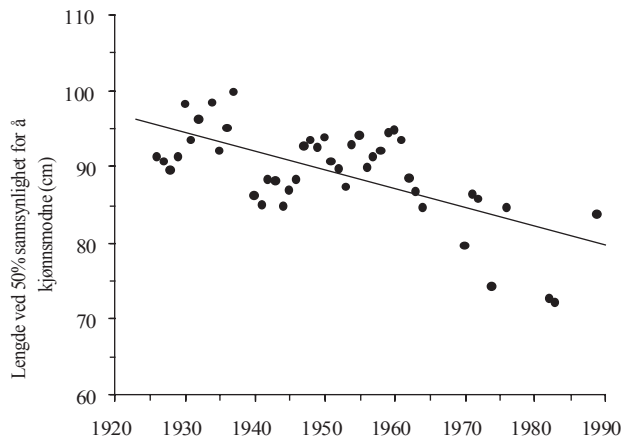
### Applikasjoner

Reaksjonsnorm-metoden er nylig blitt anvendt på flere viktige fiskebestander, stort sett som et samarbeid mellom Havforskningsinstituttet i Bergen, International Institute for Applied System Analysis i Østerrike og havforskningsinstitutter i andre land. Analyser er gjennomført på flere torskbestander på begge sider av Atlanteren, rødspette i Nordsjøen, gapeflyndre ved Newfoundland, norsk vårgytende sild samt harr i Oppland (i samarbeid med Thrond Haugen, Universitetet i Oslo). Fra norsk synsvinkel er det norsk-arktisk torsk og norsk vårgytende sild som er de viktigste av disse.

Norsk vårgytende sild har vist store variasjoner med hensyn til kjønnsmodning. Disse reflekterer bestandsstørrelsen: I 1930-årene, da bestanden var svært stor, var kjønnsmodning ved fem–sju-årsalder typisk. Etter at bestanden kollapset kunne man observere at en stor del av bestanden ble kjønnsmoden allerede som treåringer. Nå er bestanden i god forfatning igjen, og kjønnsmodningen er blitt forsinket. Har dette noe med evolusjon å gjøre? Reaksjonsnorm-analyser indikerer at forandringer hos sild stort sett skyldes variasjoner i vekst: sterke årsklasser har langsom vekst, og de blir seint kjønnsmodne. Det motsatte gjelder svake årsklasser. Men i tillegg finnes det noen indikasjoner på en tendens til tidligere modning. Dataene gir dessverre ikke et klar svar på om dette skyldes genetiske effekter eller for eksempel bedre kondisjon hos sild.

Som illustrert i Figur 6.5.1, viser alder ved kjønnsmodning hos norsk-arktisk torsk en sterk tendens til tidligere kjønnsmodning. Estimert reaksjonsnorm for kjønnsmodning ved gitt størrelse og alder viser at stadig mindre torsk har en høy sannsynlighet for å bli kjønnsmoden (Figur 6.5.4). Dette resultatet støtter hypotesen om at bestanden har utviklet tidligere kjønnsmodning på grunn av sterkt fiskepress. Analyser viser dessuten at bedre vekst har en viss betydning for den tidligere kjønnsmodningen, men at kvantitativt er den evolusjonære komponenten viktigere.

Resultater for andre fiskeslag, med norsk vårgytende sild som et unntak, er lignende: betydelige evolusjonære endringer i kjønnsmodning kan skje i løpet av noen få tiår. Hvorfor er sild et unntak? Sannsynligvis skyldes dette beskatningsmønsteret. For de fleste fiskebestander er fiskepresset på umoden og moden fisk ganske likt. For norsk vårgytende sild derimot er



**Figur 6.5.4**

Estimert lengde hvor sannsynligheten for å bli kjønnsmoden er 50 %, ved alder åtte år for norsk-arktisk torsk. At denne lengden har gått ned tyder på en genetisk forandring i kjønnsmodning. Årsaken er antakelig det sterke høstingspresset i Barentshavet.

*Estimated length at age eight years at which probability of maturing is 50 % for Northeast Arctic cod. The decline in the length indicates a genetic change in maturation tendency, probably in response to the high fishing pressure in the Barents Sea.*

fiskepresset for kjønnsmodning ganske lavt. Kjønnsmodning utsetter individer for et betydelig høyere fiskepress, og derfor lønner det seg ikke å bli kjønnsmoden tidlig.

Selv om undersøkelser av fiskets evolusjonære effekter har fokusert på alder og lengde ved kjønnsmodning, er slike effekter på andre egenskaper mulige, om ikke sannsynlige. Det er ofte påstått at fiske favoriserer fisk som vokser langsomt, fordi individer som vokser raskt tidligere oppnår størrelsen hvor de blir fangstbare. Eksperimentelt arbeid med stripefisk i USA har vist at betydelige forandringer i vekst og fangstbar biomasse kan skje i løpet av kun fire generasjoner. Tilsvarende resultater fra villfisk mangler på grunn av vansker med å separere miljø- og genetiske effekter i vekst, som er en svært plastisk prosess. På samme

måte kan atferd endre seg som respons på fisketrykket. Fisk kan ha ganske kompliserte atferdsmønstre når de kommer i nærheten av fiskeredskap, og disse påvirker sannsynligheten for å bli fanget. Her er det største problemet for å demonstrere evolusjonære effekter at teknologien som gjør nøyaktige atferdsobservasjoner mulig er forholdsvis ny, og dermed savnes historisk referansemateriale.

### **Bør evolusjonære effekter av fiske tas hensyn til i forvaltningen?**

Er evolusjonære effekter av fiske noe forskere og fiskeriforvaltere må bekymre seg om? Forandringer i genetisk sammensetning kan ha uønskede effekter på fiskebestander. Disse er best forstått når det gjelder kjønnsmodning. Tidlig kjønnsmodning skjer på bekostning av seinere vekst og fekunditet, og kan medføre lavere fekunditet og mer begrenset gyteperiode på grunn av mindre størrelse. Små hunnfisk produserer trolig egg av lavere kvalitet enn store hunnfisk. Hos fisk med en lang gytevandring (som norsk-arktisk torsk og norsk vårgytende sild) kan små individer ha dårlig evne til å gjennomføre vandringen. En mindre størrelse kan også medføre lav markedsverdi for konsumfisk. Alle disse vurderinger kan være aktuelle uten hensyn til om forandringer hovedsakelig er genetiske eller plastiske. En viktig forskjell mellom genetiske og plastiske forandringer er at genetiske forandringer kan være vanskelige å reversere. Derimot er plastiske forandringer mer påvirkelige, og er dermed lettere å ta hensyn til i forvaltningen, i alle fall i prinsippet.

Evolusjonære effekter av fiske er en ny utfordring for fiskeriforskning og forvaltning. Ifølge føre-var-prinsippet må vi ikke la være å handle dersom det eksisterer trusler mot våre naturlige ressurser, selv om det er usikkert hvor alvorlige og umiddelbare disse truslene er. Og det finnes mange åpne spørsmål. Hvilke bestander er mest sårbare? Behøves aktiv forvaltning, eller er det kanskje nok med overvåkning? Hvordan kan fiskebestander forvaltes for å unngå uønskede forandringer? For å få svare på disse og mange andre spørsmål relatert til fiskets evolusjonære effekter kreves det kreativ tenkning og nye tilnæringsmåter til problemet.