

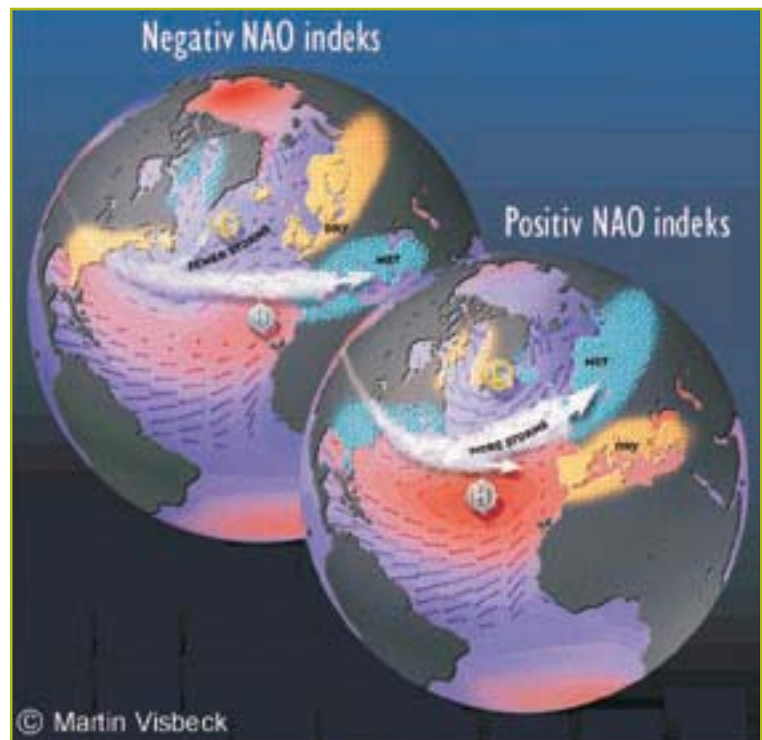
Jan Erik Stiansen, Harald Loeng og Geir Ottersen

Noe av det som er av størst betydning for størrelsen på en fiskebestand er rekrutteringen, det vil si hvor mange nye fisk som kommer inn i bestanden. Det er mange faktorer som påvirker rekrutteringen, blant annet forhold knyttet til omgivelsene. En slik faktor er variasjoner i klimaet. Her vil vi se litt på hvordan forskjeller i klimaforhold påvirker rekrutteringen til en av de viktigste fiskebestandene på våre kanter, torsken i Barentshavet eller den norsk-arktiske torskbestand.

#### NAO og effekter på havklima

Den nordatlantiske oscillasjonen (NAO) er noe forenklet et uttrykk for den storstilte fordeling av høytrykk og lavtrykk i atmosfæren over Nord-Atlanteren (Figur 7.3.1). NAO-indeksen er et mål for den atmosfæriske sirkulasjon ved at man ser på trykkforskjellene mellom Azorene og Island. Dermed får man et enkelt tall som langt på vei gir uttrykk for hvordan vindfeltet over Nord-Atlanteren varierer, noe som også har stor innflytelse på norske havområder (Figur 7.3.2). En høy (positiv) NAO-indeks indikerer en stor trykkforskjell med en forsterkning av lavtrykksaktiviteten ved Island og kraftigere vestavind. En lav (negativ) NAO-indeks indikerer en situasjon med lav trykkforskjell, og dermed et svakt vindfelt (Figur 7.3.1).

Hvis man ser på den midlere NAO-indeksen for desember-mars, som kalles NAO-vinterindeks, er det vist god sammenheng mellom variasjoner i denne og blant annet temperaturen i Barentshavet og den atmosfæredrevne volumtransport gjennom Fugløya-Bjørnøya-snittet for perioden etter 1970. Langtidstrenden for NAO-vinterindeksen viste en svak negativ trend fra ca. 1920-1970 og en sterkere positiv trend fra midten av 70-tallet og fram til nå. Samtidig har indeksen i den siste perioden (1970-2002) noen sterke svingninger med en syklus på ca. 8 år (Figur 7.3.2). Perioden fra slutten av 80-tallet og fram til nå har vært preget av ekstremt mange høye verdier (17 av de siste 20 verdiene har vært positive). Samtidig har vi også opplevd en av de største år-til-år-variasjonene etter 1870, siden verdien i 1996 var ekstremt lav.



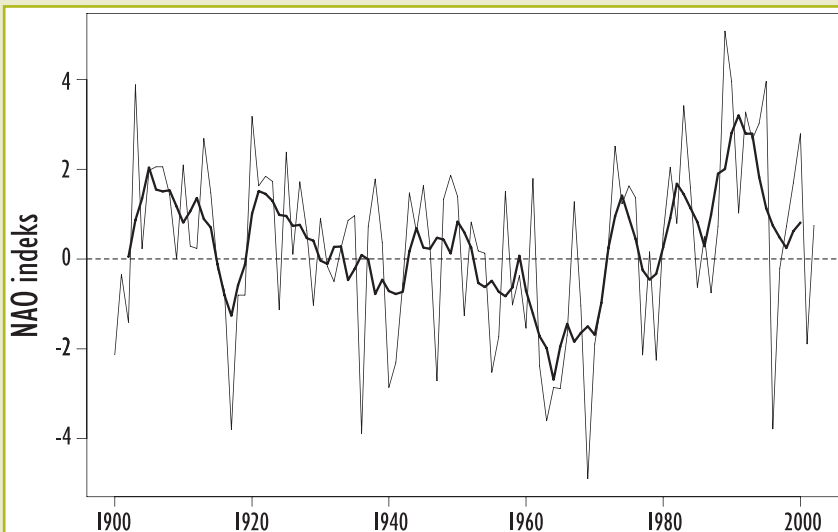
**Figur 7.3.1**

En positiv NAO-fase (kloden nede til høyre) er karakterisert ved en markert forskjell i lufttrykk mellom lavtrykkssenteret nær Island og høytrykkssenteret lenger sør i Nord-Atlanteren. Ved en positiv NAO-fase vil de dominerende vestlige vindene være sterkere enn normalt og forflyttet nordover. Dette fører bl.a. til mer nedbør og høyere temperaturer i Nord-Europa. Ved en negativ fase vil forskjellen i lufttrykk være mindre, vestavindsbeltet svakere og vi får motsatte effekter (grafikk fra Martin Visbeck, Lamont-Doherty Earth Observatory, USA).

*A positive NAO phase (bottom right globe) is characterized by a marked difference in air pressure between the low-pressure centre near Iceland and the high-pressure centre further south in the North Atlantic. In a positive NAO phase the dominating winds will be stronger than average and have a more northern displacement. This leads to more precipitation and higher temperature in Northern Europe. In a negative phase the difference in air pressure will be less and the west-wind belt weaker, with opposite responses (graphics from Martin Visbeck, Lamont-Doherty Earth Observatory, USA).*

#### NAO-vinterindeksen og torskerekruttering

Den norsk-arktiske torsken gyter ved Lofoten og i Vesterålen i mars/april, og larvene klekkes ca. tre uker seinere. Fram til småtorskene forlater de frie vannmassene og begynner å holde seg nær bunn rundt september/oktober, blir de transportert med strømmen nordover. Småtorsken kalles 0-gruppe fram til de er ett år, og antallet måles i felt ved Havforskningsinstituttets tokt i Barentshavet i august/september.

**Figur 7.3.2**

NAO-vinterindeksen mellom Island og Azorene (Portugal). Den tynne linjen er årlige verdier, mens den tykke linjen er 5 års gjennomsnitt. Legg merke til endringen i trend før og etter 1970, samt de kraftige periodiske svingningene etter 1970. The NAO winter index between Island and the Azores (Portugal). The thin line shows yearly values while the thick line shows a 5-year average. Notice the change in trend before and after 1970, with strong periodic oscillations after 1970.

Deretter utledes et estimat for antall fisk, en 0-gruppeindeks. Denne fisken vokser opp i Barentshavet og blir del av fisket ved 3-4 års alder.

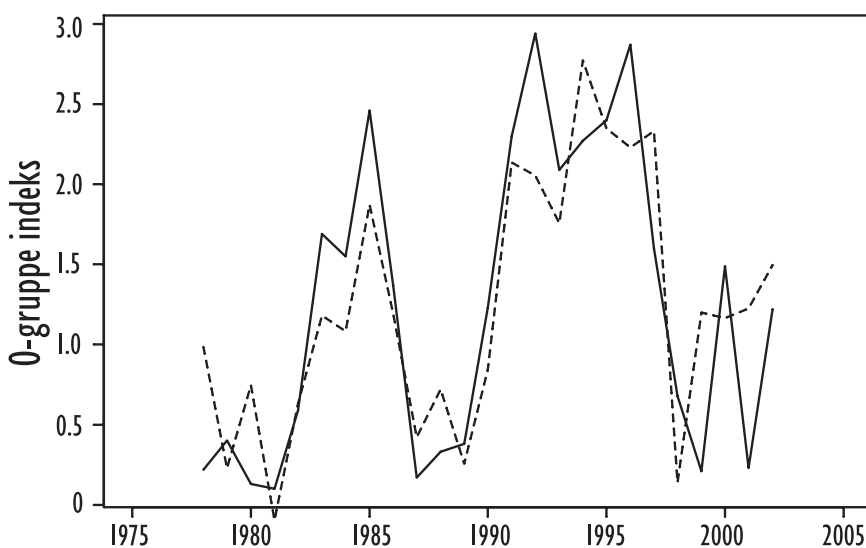
Når man ser på sammenhengen mellom NAO-vinterindeksen og rekrutteringen av torsk, er det et klart skille rundt slutten av 1970-tallet. Før 1970 var det ingen sammenheng mellom NAO og rekruttering hos torsk, mens det etter 1970 er en korrelasjonskoeffisient på 0,59 (korrelasjon er et statistisk mål på hvor god sammenhengen er; 0 betyr ingen sammenheng og 1 betyr 100 % sammenheng). Her er NAO-vinterindeksen for gyteåret brukt, altså tre år før torsken er 3-åring. For 0-gruppeindeksen viser det seg at den beste sammenhengen inntrer ved å bruke NAO-vinterindeksen to år før larvene er 0-gruppe (altså to år før gyting). Det er et skille i denne sammenhengen rundt 1980. For perioden 1966-1980 er det ingen sammenheng mens korrelasjonsko-

effisienten for perioden 1980-2002 er på hele 0,75. Hvorfor det er slik, vet vi ikke i dag.

En modell for 0-gruppeindeksen basert på NAO-vinterindeks og gytebestandens størrelse er konstruert (Figur 7.3.3). I modellen er NAO-vinterindeksen to år tidligere benyttet. Denne enkle multiple regresjonsmodellen for perioden 1978-2002 beskriver 68 % av variabiliteten i 0-gruppeindeksen.

#### Mulige koblingsmekanismer

Rekrutter av torsk lever ikke av NAO, og man kan lett bli lurt av statistikk. Sammenhenger kan forekomme hvor det egentlig er rene tilfeldigheter som ligger bak (noen må jo vinne i lotto). Likevel er det et vell av mekanistiske årsakssammenhenger som kan tenkes, og kan sannsynliggjøre at sammenhengen er reell. Statistisk er det kanskje ett av en million torskeegg som utvikler seg til larve og videre overlever til å kunne bli

**Figur 7.3.3**

Samsvaret mellom 0-gruppeindeks (heltrukket linje) og en multipel regresjonsmodell (stiplet linje) for perioden 1978-2002 basert på gytebestanden og NAO-vinterindeksen to år tidligere. Modellen forklarer 68 % av variabiliteten i 0-gruppeindeksen.

The relationship between the 0-group index (solid line) and a multiple regression model (dashed line) for the period 1978-2002, based on the spawning stock biomass and the NAO winter index two years ahead. The model describes 68 % of the variability in the 0-group index.

en ny gytemoden torsk. Derfor kan selv små variasjoner i livsvilkårene underveis slå drastisk ut på antallet som lever opp. Vi skal her spekulere litt i noen av dem.

NAO er en storstilt og omfattende prosess som virker inn på mange ulike deler av torskens økosystem og på koblinger i hele næringskjeden. NAO er drivende for innstrømning av varmt vann til Barentshavet sørfra, og påvirker dermed temperaturen ikke bare for torsken, men også for torskens føde. En to års forskyvning til gyting kan virke gjennom en forsinkelse i næringskjeden. Det er tidligere vist en sammenheng mellom NAO og overvintring av dyreplankton i Norskehavet (yngre stadier av disse dyreplanktonene er den viktigste føden for torskelarvene). Dette gir en økt sannsynlighet for god fødetilgang om våren. Videre kan en tenke seg at denne maten tar to veier. Først at ett år med en god produksjon av dyreplankton øker sannsynligheten for at antall dyreplankton er brukbart også året etter. For det annet at dyreplanktonproduksjonen det første året går inn i fødekjeden til gytebestanden av torsk, noe som gir den bedre kondisjon, og dermed bedre egg- og larvekvalitet. Den nye generasjonen torsk får en bedre startpakke og dermed større sjanse for overlevelse det første året.

Det såkalte Islandslavtrykket har ikke en konstant geografisk posisjon. I middel har vintersenteret ligget mye lenger øst de siste 20-30 årene enn tiårsperiodene før. Samme NAO-indeks vil dermed representere et annet vindfelt før og etter forflytningen av lavtrykkssenteret. Dette kan, i hvert fall delvis, forklare den tettere sammenhengen mellom NAO og de fysiske forholdene inne i Barentshavet den siste perioden.

Aldersstrukturen i torskens gytebestand har også endret seg. Tidligere var det få torsk med alder 5-7 år som var kjønnsmodne, og gytebestanden var preget av eldre fisk. Fra tidlig på 80-tallet har det vært et stort innslag av yngre gytere (7-åringer og yngre) og svært få virkelig gamle. Yngre gytere har færre egg og en dårligere eggkvalitet. Samtidig er det færre årsklasser som gyter. Det betyr at gytingen i dag foregår over en mye kortere periode enn tidligere da mange årsklasser var med i gytebestanden.

En teori for denne endringen er at klimaet virket sterkest på larve-/ungfiskstadiet, samt at en fiskebestand er mer sårbar for klimavariasjon når den er på et lavt nivå. En forskyvning mot flere unge gytere kan således gi rom for en økt respons på klimavariasjon, noe som kan bidra til å forklare den økte sammenhengen mellom NAO-indeksen og torskerekutteringen etter 1980.

Modeller har den fordel at vi kan endre klimadataene som vi selv vil, og dermed undersøke hvordan dette slår ut på torskerekutteringen. Hvis man tenker seg at NAO-indeksen hadde vært noe større eller mindre det siste året, kan vi se hvor mye dette betyr for torskerekutteringen. En økning i NAO-indeksen på 1 gir 15 % økning av torskerekutteringen. Motsatt har en at en reduksjon av NAO-indeksen med 1 gir 23 % lavere torskerekuttering. Dette gir en pekepinn på hvor sårbar torskerekutteringen er for klimavariasjoner.

### Konklusjon

Det er vitenskapelig akseptert at det som skjer i løpet av det første halve året etter gytingen, er avgjørende for hvor stor del av torskens årskull som lever opp og flere år seinere går inn i den fiskbare bestanden. Det er som oftest også gjennom dette første halve året at klimaforskjeller er av størst betydning. Ut ifra dette og det vi har skissert ovenfor, er det mulig å trekke konklusjonen at den observerte forskyvningen mot en gytebestand bestående av færre og yngre aldersgrupper i middel har økt følsomheten for klimavariasjoner. Dette regner vi med langt på vei forklarer den økte sammenhengen mellom NAO-indeksen og torskerekutteringen etter ca. 1980.

### Summary

The relationship between the North Atlantic Oscillation (NAO) and recruitment of North East Arctic cod is discussed. There has been a strong correlation between the NAO winter index and both 0-group index and the number of 3-year-old cod the last 20 years which was not found earlier. This relation, together with a change in the age structure in spawning stock towards younger fish, lead to the assumption that there is a stronger sensitivity of climate variations on the cod recruitment after about 1980.