

Klima, planktonproduksjon og vekst hos sild i Norskehavet

Webjørn Melle og Jens Christian Holst

Varmt klima i Nord-atlanteren viser sterk korrelasjon med høy produksjon av planteplankton og sterk vekst hos sild i Norskehavet. Det er også påvist en klar sammenheng mellom mengden dyreplankton og individuell vekst hos sild. Dette tyder på at "gunstig klima" øker planktonproduksjonen som i sin tur gjør silda feitere. Selv om vi ennå ikke helt forstår mekanismene som styrer sammenhengene mellom planktonproduksjon og sild, så utnytter vi nå likevel denne empiriske erfaringen til å gi tidlige prognoser for fremtidens sildevekst. Dette har vist seg å være et nyttig verktøy for forvalterne av sildebestanden.

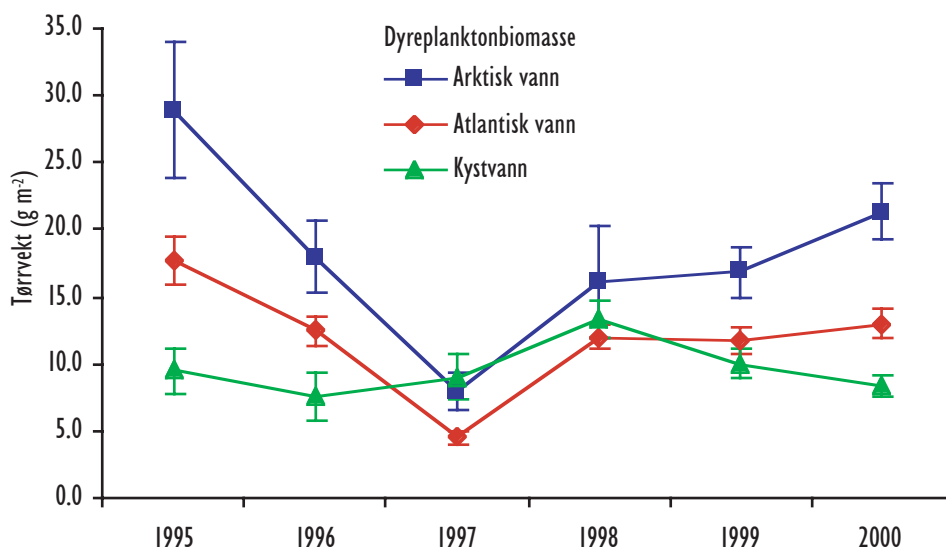
Vi er nå inne i en periode der klimaet blir varmere. Effektene av klimaendringen på økosystemene har imidlertid fått mindre oppmerksomhet. Det gjelder fysiske og i særlig grad biologiske effekter. En viktig grunn til at resultater som påviser biologiske effekter av klimaendringer i stor grad uteblir, er at de lange biologiske tidsseriene er få. Våre institusjoner har ikke vært bevisste nok på å opprettholde overvåkingen av det biologiske miljø i det århundret vi har bak oss. Innenfor de korte tidsrom der gode biologiske tidsserier foreligger kan det likevel være mulig å påvise effekter av klima. Dette kan for eksempel gjøres ved at en kortsiktig klimavariasjon

sammenlignes med biologiske endringer på samme tidsskala. Basert på kunnskap om biologiske effekter av korttids klimavariasjon, kan vi så ekstrapolere de mer langsiktige biologiske effekter av klimaendringer.

Den Nord Atlantiske Oscillasjonen (NAO) (se artikkelen på side 73) er et godt eksempel på en klimafaktor som viser korttidsvariasjoner som i betydelig grad er korrelert med biologiske faktorer. En viktig del av Norskehavsprogrammet har som mål å beskrive og kvantifisere effekter av klimaendringer på hydrografi, planktonproduksjon og vandring og vekst hos fisk. I denne sammenheng har særlig vinter-NAO, som er den midlere trykkforskjellen i vintermånedene fra desember til mars, vist seg å være en nyttig indikator.

Dyreplanktonproduksjon og klima

Siden 1995 har Havforskningsinstituttet gjennomført årlige tokt i Norskehavet i mai som innbefatter forskning på hydrografi, dyreplanktonbiomasse og utbredelse og fødeopptak hos sild. Norskehavet domineres av tre typer vannmasser med svært forskjellige produksjonsforhold. Det er kystvann, som hovedsakelig finnes over den norske kontinental-sokkelen, atlantisk vann sentralt i Norskehavet og



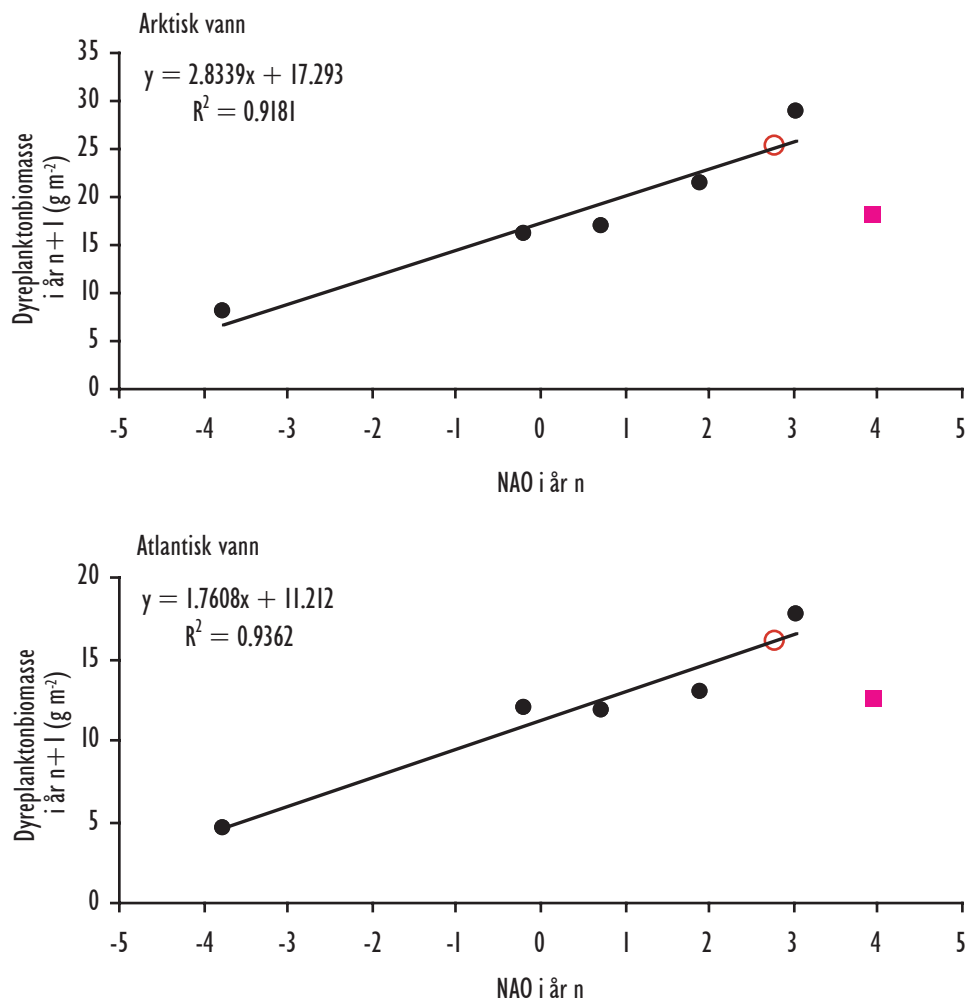
Figur 6.12
Dyreplanktonbiomasse i 0-200 m i Norskehavet i mai.
Zooplankton biomass in 0-200 m in the Norwegian Sea in May.

arktisk vann i vest. Vår relativt korte tidsserie viser at dyreplanktonbiomassen er høyest i arktisk vann, og at tidsutviklingen fra 1995 til 2000 er lik i atlantisk og arktisk vann (Figur 6.12). I begge vannmasser var biomassen høy i 1995, for så å avta til et minimum i 1997. Deretter økte biomassen igjen. I kystvannet er endringene i biomasse forskjellige fra det som ble observert lenger vest i havet. Det synes altså som om prosessene som bestemmer dyreplanktonproduksjonen over de norske sokkelområdene er forskjellige fra prosessene over dyphavet.

I mai er det en sterk korrelasjon mellom NAO-indeksen og dyreplanktonbiomasse det påfølgende året i både atlantisk og arktisk vann (Figur 6.13). Legg spesielt merke til dyreplanktonbiomassen i mai 1996 som faller utenfor den generelle sammenhengen

mellom biomasse og NAO-indeksen året før. 1996 var et spesielt år i vår korte tidsserie med en meget lav NAO-indeks som etterfulgte en høy NAO-indeks i 1995. Det ser ut til å være en viss treghet i økosystemet som gjør at dette brå skiftet i de atmosfæriske forhold ikke straks gjenspeilet seg i den biologiske produksjonen.

Som vist i Figur 6.4 gir en høy NAO-indeks mye og sterk sørvestlig vind i Norskehavet. Under slike forhold øker transporten av kaldt og ferskt arktisk vann inn i det vestlige Norskehavet, mens transportruten for atlantisk vann fra sør blir presset mot den norske kontinentalskråningen. Sannsynligvis øker transporten av atlantisk vann inn i Norskehavet under disse forholdene, noe strømmålinger så langt har vist. Selv om store endringer i de hydrografiske



Figur 6.13 Forholdet mellom NAO-indeksen og dyreplanktonbiomasse i mai det påfølgende år. 1996 er markert med firkant og er ikke med i regresjonen. Sirkelen markerer prognosen for 2001 basert på en NAO-indeks på 2.8 i 2000.
NAO-index vs. zooplankton biomass in May the following year. The year 1996 (square) is not included in the regression. Prognosis for 2001 (circle) based on the winter-NAO (2.8) for 2000.

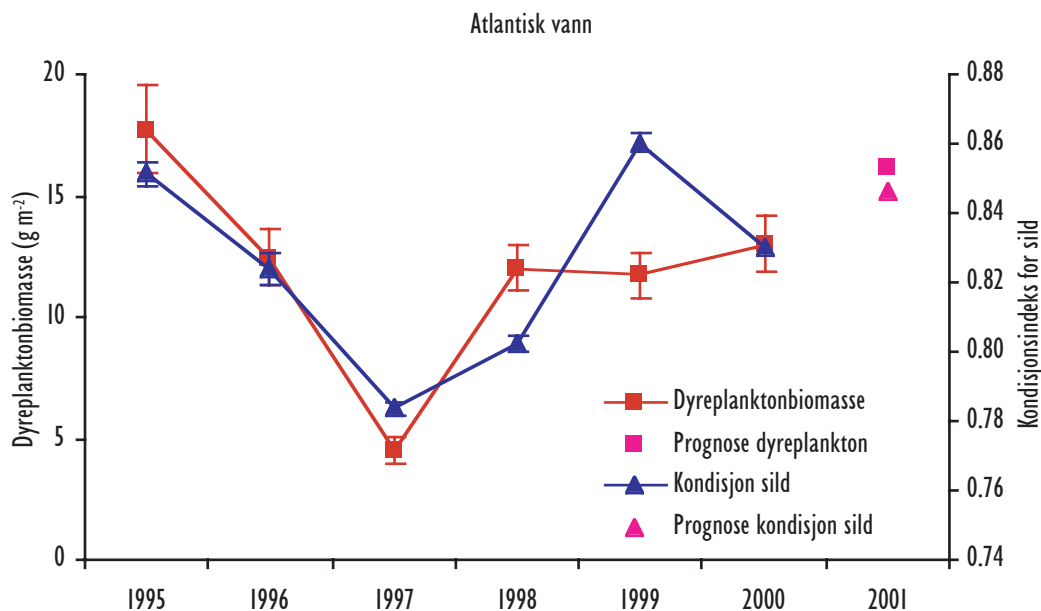
forholdene i Norskehavet sammenfaller i tid med endringer i NAO-indeksen, så kjenner vi ennå ikke årsakssammenhengene mellom de atmosfæriske endringene, de fysiske prosesser i havet og dyreplanktonproduksjonen. Det som gjør sammenhengene ekstra komplisert, er at disse koblingene vil virke gjennom planteplanktonleddet. Det er svært viktig å få en bedre kunnskap om sammenhengene mellom klima og dyreplanktonproduksjonen, ikke minst for å kunne utvikle modeller som kan forutsi dyreplanktonproduksjonen på grunnlag av klimaprognoser.

Vandring og vekst hos sild

Silda beiter hovedsakelig i atlantisk vann, men også i arktisk vann, nær Den arktiske fronten vest i Norskehavet. For å studere silda sitt mattilbud var det derfor naturlig å sammenligne veksten hos sild med dyreplanktonbiomasse i atlantiske vannmasser. Det ble funnet en relativt god sammenheng mellom dyreplanktonbiomasse i atlantisk vann og kondisjonen hos sild etter endt beiting (ved tilbakekomsten til overvintringsområdet i desember) (Figur 6.14).

Vi ser at den store dynamikken i den midlere individuelle kondisjonen hos sild ikke alene kan

forklares ut fra de observerte variasjonene i dyreplanktonbiomassen i atlantiske vannmasser. I fremtiden har vi imidlertid håp om at vi skal bli i stand til å gi en enda bedre forklaring på hva som bestemmer silda sin kondisjon. Dette kan vi oppnå ved å kombinere vår kunnskap om hvor silda beiter, beitevandringens lengde og bestandens størrelse og alderssammensetning. Som et eksempel kan vi vise hvordan forholdet mellom dyreplanktonbiomassen i mai og sildekondisjonen i desember endres når vi tar hensyn til de observerte variasjonene i silda sitt vandringsmønster. I de første årene fra 1995 til 1997 beitet silda hovedsakelig i atlantisk vann sentralt i Norskehavet. Fra og med 1998 så vi imidlertid en endring i vandringsadferden og silda fulgte en mer nordlig fordeling. I 1999 var vandringsmønsteret spesielt ved at silda vandret uvanlig langt vest før den vendte tilbake til overvintringsområdet. Dette året ble det faktisk observert sild nord for Island. Det betydde sannsynligvis at silda i større grad beitet i arktiske vannmasser, med høyere dyreplanktonforekomster (Figur 6.12). Dersom vi tar hensyn til vandringsmønsteret hos sild og plotter silda sin kondisjon mot dyreplanktonbiomassen i de områder der vi antar at den faktisk beitet, ser en at dyreplanktonbiomassen langt på vei kan forklare silda sin kondisjon (Figur 6.15). Fordi



Figur 6.14

Gjennomsnittlig kondisjonsindeks for sild målt i desember og dyreplanktonbiomasse i Norskehavet i mai. Prognose for dyreplanktonbiomasse i atlantisk vann i 2001 basert på NAO-indeksen, og prognose for kondisjonsindeks (0.85) basert på sammenhengen mellom dyreplanktonbiomasse og kondisjon. *Mean herring condition index in December vs. zooplankton biomass in May. Prognosis for zooplankton biomass in Atlantic water in May based on the NAO-index (see Figure 6.13), and prognosis for condition (0.85) based on zooplankton biomass.*

en ikke kjenner årsakene til at silda endrer sitt vandringsmønster kan imidlertid denne sammenhengen ennå ikke brukes til å gi prognoser for vekst i sildebestanden. Foreløpig benyttes derfor den noe svakere sammenhengen vi har påvist mellom sildeveksten og dyreplanktonbiomassen i atlantisk vann.

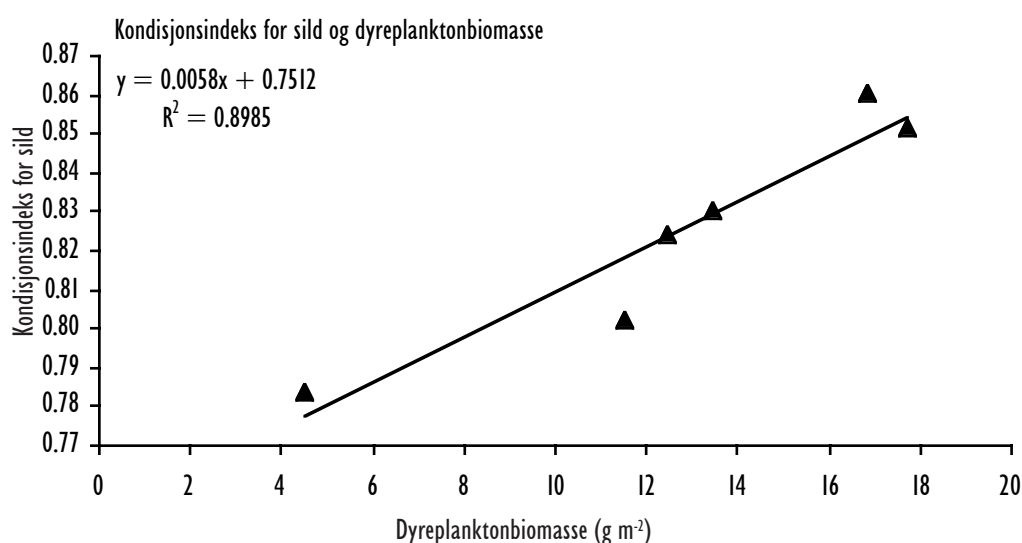
Prognosegenerering

Det er en av Senter for marint miljøes hovedoppgaver å skaffe kunnskaper om økosystemet som kan forbedre forvaltningen av fiskebestandene. Særlig viktig er det å kunne gi gode prognoser for vekst og rekruttering i fiskebestandene. Sammenhengen mellom dyreplanktonbiomassen og sildekondisjonen kan brukes til å framskrive silda sin kondisjon fra begynnelsen av beitesesongen til silda er tilbake i overvintringsområdet. Dette gir en varslings tid på ca. 8 måneder. Fordi det i tillegg er en sammenheng mellom NAO-indeksen og dyreplanktonbiomassen i mai året etter, kan vi faktisk gi en ca. 14 måneders prognose for dyreplanktonbiomassen. Så snart NAO-indeksen er kjent, er det dermed mulig å gi en prognose for silda sin kondisjon nærmere to år fram i tid.

Denne måten å gi prognose på er interessant fordi en utnytter sammenhengen mellom byttedyrstilbud og vekst, som antas å være en årsakssammenheng som kan gi oss økt forståelse for mer grunnleggende sammenhenger i økosystemet. Det bør også være

en direkte kopling mellom NAO-indeksen og silda sin kondisjon. For å undersøke dette har vi studert data fra en lenger tidsserie, der sildekondisjonen er kjent tilbake til 1930-tallet og NAO enda lenger. Ved å plote NAO-indeksen mot sildekondisjonen i desember i det påfølgende år, ser vi at det også er en god sammenheng mellom NAO-indeksen og sildevekst (Fig. 6.16). Legg også her merke til at 1996 skiller seg ut med en lavere kondisjon enn forventet basert på NAO-indeksen. At både dyreplanktonbiomasse og sildekondisjonen dette året er lavere enn forventet ut fra NAO-indeksen, tyder på at vi her er på sporet av en svært generell reaksjon i næringskjeden. I arbeidsgruppen under ICES (Working Group on Northern Pelagic and Blue Whiting) brukes nå allerede sammenhengene mellom NAO-indeksen, byttedyrstilbud og kondisjon hos sild i framskrivingen av sildebestanden.

Prognosen for sildekondisjonen i 2001 basert på NAO-indeksen og prognosen basert på dyreplanktonbiomassen er henholdsvis 0.88 og 0.85. Så kan vi alle leve i spenning fram til desember i år - når silda vender tilbake fra Norskehavet. Da får vi se hvor nær vi kommer. En av våre viktigste fremtidige forskningsoppgaver når det gjelder sild i Norskehavet vil bli å forklare hva som bestemmer silda sitt vandringsmønster, om silda vil velge en nordlig eller sørlig vandringsrute, og i hvilken grad silda vil beite i arktisk vann. I dette arbeidet vil vi



Figur 6.15 Forholdet mellom kondisjonsindeks for sild og dyreplanktonbiomasse justert for vandringsmønsteret hos sild.
Herring condition index vs. zooplankton biomass adjusted for herring migration pattern.

trekke inn både det fysiske og biologiske miljøet for silda, og vi vil også gi høy prioritet til utviklingen av vandringsmodeller for sild.

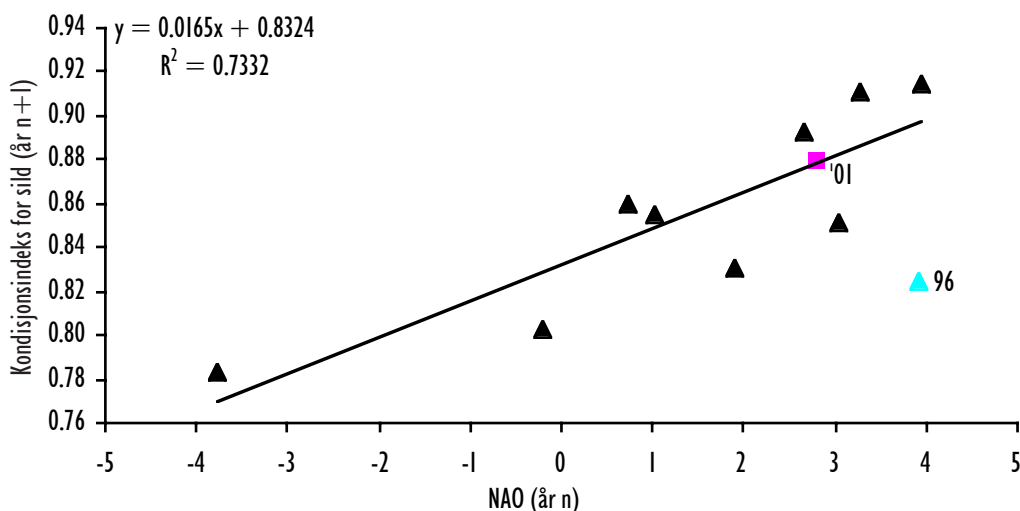
Ved Senter for marint miljø arbeides det også med å finne relasjoner mellom silda sin kondisjon og realisert eggproduksjon for bestanden. Havforskningsinstituttets forskning har vist at dersom fiskens kondisjon er dårlig, vil et relativt høyere antall av egganleggene i rognen bli tilbakedannet, og ikke gytt. Det vil si at kondisjonen i bestanden er avgjørende for antall egg som faktisk blir gytt. Antall gyttede egg er en meget viktig faktor i rekrutteringen. Dette betyr at det kanskje er en lovmessig sammenheng mellom NAO-indeksen, dyreplanktonbiomasse, sildas kondisjon og sildas rekruttering. Fra NAO-indeksen beregnes og til silda rekrutterer til fisket ved tre-årsalderen, snakker vi faktisk om en treårsperiode. Dersom vår fremtidige forskning bekrefter en slik sammenheng, kan prognosetiden for sildebestanden forlenges vesentlig.

Langtidsprognoser og klimaeffekter

FNs klimapanel har nylig konkludert at vi er inne i en global klimaendring som vil gi betydelig økte temperaturer og store endringer i vind og nedbørsmønstre. Våre påviste relasjoner mellom

NAO-indeksen og den biologiske produksjonen i Norskehavet kan brukes til å antyde hva fremtiden vil bringe. Vi har vist at det er en positiv korrelasjon mellom NAO og dyreplanktonbiomasse. Ved en fortsatt økning i NAO-indeksen kan en derfor vente en økt dyreplanktonproduksjon i Norskehavet.

Når det gjelder sild har vi først og fremst sett på den individuelle kondisjonen. Under forutsetning av at antall fisk i bestanden er uendret, vil en høy individuell vekst bety at veksten i bestanden som hele også er god. Det er imidlertid grenser for hvor høy den individuelle kondisjonen kan bli. Ved fortsatt bedring i vekstforholdene kan man tenke seg at kondisjonen vil gå mot en øvre grense. Videre vekst i bestanden må da skje ved forhøyet rekruttering og en økning i antall individer i bestanden. Det er altså sannsynlig at en klimaendring i Norskehavet vil bety økt produksjon av dyreplankton og sild, men ved endrede fysiske forutsetninger for biologisk produksjon kan andre arter både av plankton og fisk overta. Dermed er det ikke sikkert at sild lenger vil være den viktigste pelagiske bestanden i Norskehavet. Den totale produksjon i økosystemet som eventuelle nye inntrengende arter står for, trenger ikke bli høyere enn den vi har i dag.



Figur 6.16

Forholdet mellom NAO-indeksen og kondisjonsindeksen for sild i desember det påfølgende år, 1990-2000. 1996 er ikke med i datagrunnlaget for den lineære regresjonen. Firkanten markerer prognose for kondisjonen i desember 2001 (0.88) basert på lineær regresjon.

NAO-index vs. herring condition index in December the following year, 1990-2000. 1996 is not included in the regression. Prognosis for herring condition (square) in December 2001 (0.88) based on the NAO-index for 2000.