

Koblingen mellem klima, hydrografi og rekruttering af fiskeressourcer ved Vestgrønland.

Mads Hvid Ribergaard. Danmarks Meteorologiske Institut. Center for Marin Forecasting. Lyngbyvej 100, 2100 København Ø. E-mail: mhri@dmi.dk

1 Indledning

Den grønlandske økonomi er i høj grad afhængig af fiskerierhvervet. Dramatiske ændringer har ikke alene resulteret i en ændret fiskeflåde, men også påvirket hele den grønlandske økonomi hvilket i høj grad har påvirket befolkningen socialt (Hamilton et al, 2000; Hamilton et al., 2003). Før i tiden var torskefiskeriet det altdominerende fiskeri ved Grønland, men et kollaps i slutningen af 1960erne bevirkede, at de grønlandske fiskere måtte se sig efter nye marine arter. I dag er den grønlandske økonomi næsten udelukkende afhængig af fiskeri på den grønlandske rejebestand, hvilket udgør 73 procent af Grønlands samlede eksport.

Områderne omkring Sydøst- og specielt Vestgrønland er de kommercielt vigtigste områder for fiskeri. Disse farvande er stærkt påvirkede af udefra kommende vandmasser fra både polare og tempererede områder, hvilket har stor indflydelse på den marine produktivitet over den grønlandske shelf. Det er styrkeforholdet mellem disse forskellige havstrømme, der bestemmer hydrografien over de sydøstlige og vestlige fiskebanker. Således vil ændringer i cirkulationen i Nordatlanten have stor indflydelse på fordelingen af arter og dermed fiskeriet (Pedersen and Smidt, 2000; Pedersen and Rice, 2002; Buch et al., 2004).

Her gives en kort gennemgang af variationerne i både fiskeriet og de hydrografiske forhold ved Vestgrønland siden 1950erne og deres mulige relationer til klimavariationer primært udtrykt ved Den Nordatlantiske Oscillation (NAO). Det meste er hentet eller direkte oversat fra Buch et al. (2004) og Ribergaard (2004). For en mere detaljeret gennemgang henvises til Ribergaard (2004) samt referencer i denne.

2 Variationer i det kommercielle fiskeri ved Vestgrønland

Ved Vestgrønland findes der flere forskellige slags torsk - både indenskærs i fjordsystemerne og udenskærs over fiskebankerne. Fjordtorskene vekselvirker dog kun i ringe grad med de udenskærs torsk og der ses derfor bort fra dem i det følgende (Wieland and Hovgård, 2002; Storr-Paulsen et al., 2004 og referencer heri). Den altdominerende udenskærs art er Atlantisk torsk (*Gadus Morhua*), der også er den torskart hvorpå der fiskes kommercielt.

Det store fiskeri på Atlantisk torsk ved Grønland startede i midten af 1920erne (Figur 1; Figur 2a) og erstattede sæljagt som den vigtigste resource for det grønlandske folk. Fangsterne øges gradvist indtil den 2. verdenskrig, under hvilken kun den portugisiske flåde fiskede efter torsk. Herefter steg fangsterne voldsomt i starten af 1950erne og toppede i 1960erne med fangster op mellem 400,000 og 500,000 tons. I slutningen af

1960erne faldt fangsterne imidlertid dramatisk, og fangsterne har siden ikke været i nærheden af samme niveau som førhen. Der har dog været 2 perioder med tendenser til forbedringer, hvilket skyldes stærke torskeårgange fra 1973 og 1984/1985, men siden starten af 1990erne er torsken praktisk taget forsvundet fra de vestgrønlandske farvande.

Ved at sammenligne fangsterne af torsk med den estimerede biomasse af torsk ved Vestgrønland (Figur 1f) ses det, at biomassen falder lidt tidligere end fangsterne. Dette tyder på overfiskning, men dette er ikke den eneste forklaring på det dramatiske fald i fangsterne. Ændringer i de hydrografiske forhold spillede også en væsentlig rolle, hvilket der gøres rede for i de følgende afsnit.

Mens torsken forsvandt fra de grønlandske farvande, begyndte et stort fiskeri på hellefisk (Figur 2c) og specielt rejer (*Pandalus borealis*, Figur 2d), som er blevet den foretrukne marine ressource. Fangsterne på rejer steg gradvist til mere end 75,000 tons. I starten af 1990erne medførte en regulering i fiskeriet et svagt fald, men fra slutningen af 1990erne er fangsterne igen steget moderat. Til trods herfor er den estimerede biomasse af rejer faktisk steget i slutningen af 1990erne (Figur 3a).

3 Klimavariationer

Igennem de sidste 50 år af det tyvende århundrede har det sydvestlige Grønland oplevet store variationer i klimaet, hvilket har haft indflydelse på forholdene for både landdyr og marine dyrarter. Derfor virker det naturligt, at disse klimatiske variationer kan forklare dele af den variation, der er sket i fiskeriet som beskrevet i forrige afsnit. De fleste stednavne der benyttes i det følgende kan genfindes i Figur 7.

3.1 Den Nordatlantiske Oscillation (NAO)

De største variationer i atmosfæren på tidsskalaer fra år til årtier er over Nordatlanten tæt forbundet med den Nordatlantiske Oscillation (NAO), som er et udtryk for en meridional oscillation af luftmassen mellem det subtropiske højtryk nær Azorene og de subpolare lavtryk nær Island (Hurrell, 1995). Dette kan direkte relateres til styrken af vestenvindsbæltet, således at når trykforskellen er stor, så er vestenvinden ligeledes stærkere end normalt (Figur 4). Da dette signal er stærkt regionalt og stærkest om vinteren, defineres ofte et simpelt indeks som trykforskellen i vintermånederne mellem Ponta Delgadas, Azorene og Reykjavik, Island. Hermed har man en tidsserie, der i grove træk beskriver atmosfærens opførsel over det Nordatlantiske område gennem de sidste godt 150 år. Variationerne af NAO indekset siden 1865 er vist i Figur 5.

I perioder med høje NAO værdier vil den stærkere vestenvind bevirke, at det nordeuropæiske kontinent vil opleve generelt varmere og fugtigere vejr, da luftmasserne har en mere maritim oprindelse. Det modsatte gør sig gældende ved Sydvestgrønland, hvor kolde luftmasser fra det nordlige Canada strømmer udover Labradorhavet og Davisstrædet (Figur 4a). I perioder med lave NAO værdier er der en tendens til, at stormlavtrykkene tager en mere sydlig rute og at disse er svagere. Dermed påvirkes det sydlige Grønland mere af relative varmere og mere maritime luftmasser fra det nordlige Atlanterhav og området opvarmes relativt i forhold til en periode med høje NAO værdier.

Denne sammenhæng ses tydeligt hvis man sammenligner NAO værdierne (Figur 5) med lufttemperaturen i Nuuk og Tasiilaq (Figur 6). I perioden fra midten af 1920'erne til slutningen af 1960'erne var der en lang periode med generelt lave NAO værdier, hvilket reflekteres i høje lufttemperatur i både Nuuk og Tasiilaq. Herefter skiftede NAO værdierne tilbage til en lang periode med fortrinsvis høje værdier. Perioderne i starten af 1970'erne, 1982–1984 og 1989–1994 var alle år med markante høje NAO værdier, og her faldt lufttemperaturen mærkbart. Siden slutningen af 1990'erne har lufttemperaturene været relative høje til trods for høje NAO værdier. Dette skyldes, at lavtrykscellen nær Island i disse år var forskudt mod nordøst (f.eks. ICES 2000). Disse sidste år viser, at man skal være varsom med brugen af NAO som indikator for klimavariationer ved Vestgrønland, da specielt positionen af lavtrykscellen ændrer sig med tiden. Bruges NAO indekset derimod med omtanke, er det et godt redskab der forklarer de store træk af klimaændringerne.

3.2 Hydrografiske forhold ved Vestgrønland

Vandet over de vest- og sydøstgrønlandske fiskebanker består primært af to meget forskellige vandmasser:

- Varmt og saltholdigt Irmingervand. Transporteres til området med Irmingerstrømmen, der er en sidegren til Den Nordatlantiske Strøm.
- Koldt Polarvand med lav saltholdighed stammende fra det Arktiske Ocean. Dette føres sydover sammen med store mængder havis i Den Østgrønlandske Strøm.

Disse to vandmasser mødes første gang i det nordlige Irmingerhav og i Danmarksstrædet (Figur 7), hvorefter de bevæger sig sydover side om side langs Grønlands østkyst. Når de runder Kap Farvel, dykker Irmingervandet under Polarvandet. Undervejs blandes vandmasserne og det er således den indbyrdes styrke mellem Irmingerstrømmen og Den Østgrønlandske Strøm der bestemmer hydrografien over de vestgrønlandske fiskebanker.

Variationerne i saltholdighed og havtemperatur over kontinentalsoklen vest for Fyllas Banke er vist i Figur 8. Her er forholdene vist i forskellige dybdeintervaller siden 1950. Kernen af Polarvand ligger normalt i dybdeintervallet 50–150 m (blå) mens kernen af Irmingervandet ligger under 400 m (rød). Der er stor år til år variation hvilket i nogle tilfælde kan skyldes lokal hvirvelaktivitet. Derfor er der lavet et 3-års løbende middel for bedre at fange de storskalaede variationer. I slutningen af 1960'erne til starten af 1970'erne faldt temperaturen med flere grader i de øvre vandlag. Dette skyldes hovedsagelig "the Great Salinity Anomaly" (GSA), hvor store mængder lav-salint Polarvand og havis forlod Arktis gennem Fram Strædet, hvilket de efterfølgende år kunne observeres over det meste af den subpolare gyre (Dickson et al., 1988; Belkin et al., 1998). Således var temperaturfaldet ledsaget af et fald i saltholdigheden i slutningen af 1960'erne. Omtrent samtidigt i starten af 1970'erne faldt middeltemperaturen i atmosfæren i samme område, reflekteret i skiftet fra lave til høje NAO værdier. Ligesom i atmosfæren var perioderne 1982–1984 og 1989–1994 karakteriseret ved meget kolde havtemperaturer i de øverste lag, hvilket hænger sammen med lokal afkøling i perioder med meget høje NAO værdier.

Siden slutningen af 1960'erne er saltholdigheden faldet samtidigt med et mindre fald i temperaturen i kernen af Irmingervandet (rød, 400–600 m) hvilket indikerer, at transporten af Irmingervand til området er mindsket siden 1960'erne. I de seneste par år ser det imidlertid ud som om, at Irmingervandet er vendt tilbage igen med forøget styrke.

Dette kan forklares ved variationer i NAO set over en lang tidsperiode. Perioden før 1960'erne var udpræget år med lave NAO værdier, men fra slutningen af 1960'erne skiftede NAO værdierne fra lave til høje værdier. Ændringer i NAO medfører ændringer i overfladevinden over Nordatlanten, hvilket igen påvirker havets overfladecirkulation (se f.eks. Dickson et al., 1996; Dickson et al., 2000; Blindheim et al., 2000; Blindheim et al., 2001; Buch et al., 2004). Ifølge Blindheim (2000; 2001) vil Den Nordatlantiske Strøm blive stærkere men smallere i perioder med høje NAO værdier og dermed kraftige vestenvinde (Figur 9). Irmingerstrømmen, der er en vestlig sidegren af Den Nordatlantiske Strøm, vil derved svækkes. Det er netop denne svækkelse af Irmingerstrømmen man ser på stationen vest for Fyllas Banke.

3.3 Relationer mellem klimavariationer, hydrografien og det marine økosystem ved Vestgrønland

Ændringen i det biologiske samfund og fangstsammensætningen af fisk ved Vestgrønland i sidste halvdel af det tyvende århundrede foregik på samme tid som der blev observeret store klimatiske variationer i det grønlandske område. Det virker derfor oplagt, at ændringerne i den biologiske sammensætning i høj grad er styret af ændrede hydrografiske forhold. Pedersen og Rice (2001) foreslog, at rekrutteringen af fisk og skaldyr ved Vestgrønland er relateret til havtemperatur, stabiliteten af vandmassen samt driften af fiskelarver i overfladestrømmen. Alle disse mekanismer er relateret til input af udefrakommende vandmasser til området - hovedsageligt Irmingervand og Polarvand - som igen er relateret til NAO som beskrevet i forrige afsnit.

Transporten af varmt og saltholdig Irmingervand til Vestgrønland er faldet betydeligt siden slutningen af 1960'erne (se forrige afsnit, Buch et al., 2004), hvilket ser ud til at have haft en negativ indflydelse på rekrutteringen af torsk og rødfisk ved Vestgrønland, men en positiv effekt for de grønlandske rejer og hellefisk (se også Figur 2).

At temperaturen har en positiv indflydelse på opvæksten af torsk ved Grønland er ikke nyt. Allerede i starten af 1950'erne fandt Hermann (1953) en positiv sammenhæng mellem havtemperatur og årgangsstyrken af vestgrønlandske torsk. Det generelle fald i havtemperaturene efter slutningen af 1960'erne resulterede i dårlige opvækstbetingelser, hvilket kom til udtryk ved f.eks. reduceret vækst i de meget kolde perioder (Figur 2e), og torsken migrerede syddover for til sidst at forlade det vestgrønlandske område (Schopka, 1991).

Hansen og Buch (1986) genanalyserede rekrutteringsdata af Vestgrønlandsk torsk og fandt en lineær sammenhæng mellem havtemperaturen målt på toppen af Fyllas Banke og årgangsstyrken af den lokale torskebestand målt som 3-årige (reproduceret og opdateret i Figur 10 og hentet fra Ribergaard, 2004). Denne sammenhæng gjaldt imidlertid ikke i bestemte år, hvor årgangsstyrken var exceptionel høj. Hansen og

Buch (1986) argumenterede, at der i alle disse år havde været et stort input af torskelarver, der var gydt ved Island og blevet transporteret med havstrømmene til Grønland. Denne transport var direkte blevet observeret i 1963, 1973 og 1984. Mærkningsforsøg har tilmed indikeret, at en tilsvarende transport havde fundet sted i tidligere år i 1950'erne og 1960'erne. Dette under antagelse af, at kønsmodne torsk vender tilbage til det sted hvor de selv er blevet gydt. Således vil kønsmodne torsk fanget ved de islandske gydeområder, der som unge var blevet mærket ved Vestgrønland, sandsynligvis selv være af islandsk oprindelse.

Senere har man brugt mængden af kuller ved Grønland som en indikator for transporten af fiskelarver fra Island til Grønland. Dette kan lade sig gøre, fordi kuller ikke gyder i grønlandske farvande. Ved at bruge fangstdata for kuller argumenterede først Hovgård og Messtorff (1987) og senere Dickson og Brander (1993), at kollapset af det grønlandske torskefiskeri i høj grad hang sammen med et lille tilskud af torsk fra Island til Grønland siden midten af 1960'erne, hvilket er samme konklusion som Hansen og Buch (1986) nåede frem til.

Ved at følge tankegangen fra Hansen og Buch (1986) kan Figur 10 tolkes således:

- Den røde linie viser en positiv sammenhæng mellem årgangsstyrke og havtemperatur. Årene, der ligger tæt på denne lige linie, er den lokale grønlandske torskebestands reaktion på ændringer i det marine miljø, som kommer til udtryk gennem den lokale havtemperatur.
- Årene, der falder indenfor den blå ellipse, er alle år hvor årgangsstyrken har været meget høj. Disse stærke årgange tolkes som år, hvor der har været en betydelig drift af torskelarver fra de islandske gydeområder til Grønland. Alle disse år er fra 1950'erne og starten af 1960'erne, samt 1973 og 1984/1985. Fangsterne af torsk (Figur 1) i 1950'erne og 1960'erne er alle høje og de stærke årgangsstyrker fra 1973 og 1984/1985 ses begge som små forbedringer i fangsterne de følgende år.
- De år, der falder indenfor den grønne ellipse, er alle fra midten af 1980'erne og 1990'erne, hvor torsken næsten var forsvundet fra Vestgrønland. Da der ikke er nogen lokal bestand, så kan den ikke opretholde sig selv og årgangsstyrken vil naturligvis være nær nul. Dette under forudsætning af, at der ikke i samme år har været et betydeligt input af torskelarver fra Island.

Dette kan relateres til NAO. I 1950'erne og 1960'erne var styrken af Irmingerstrømmen stærkere end perioden efter 1970. I disse år var succesraten af transporten af torskelarver fra Island til Grønland tilsvarende højere, hvorved den lokale grønlandske torskebestand regelmæssigt rekrutterede fra de Island. Efter kollapset nær 1970 ændrede hydrografien sig og opvækstbetingelserne for torsken blev forværret. Samtidigt forsvandt rekrutteringen af torskelarver fra Island. Dette enten fordi transporten var lille eller måske nærmere, at torskelarverne simpelthen ikke overlevede turen langs Grønlands østkyst i det ændrede oceanklima. Ydermere havde fiskeriet ikke indstillet sig på et mindre fiskeri i slutningen af 1960'erne, så i denne periode blev der overfisket og kollapset blev derved mere voldsomt.

Der findes andre faktorer der har indflydelse på opvæksten af torsk ved Vestgrønland, som f.eks. variationer i mængden af føde for torskelarver, men overfiskning, ændringer i rekrutteringen af torskelarver fra Island samt lokalt koldere omgivelser er de mest accepterede forklaringer på det pludselige kollaps af den vestgrønlandske

torskebestand. En videre diskussion af andre faktorer kan findes i Ribergaard (2004) samt referencer i denne.

Stigningen i rejefiskeriet kan til dels forklares ved, at rejelarver er mindre påvirkelige overfor temperatur end torskelarver, men hovedforklaringen skal nok nærmere findes i, at en stor fjende – torsken – er forsvundet fra området (Koeller, 2000; Lilly et al., 2000). Det intense rejefiskeri har desuden resulteret i en stor bifangst af torsk, og dermed medvirket til at holde torskebestanden nede og dermed holde en fjende i skak (Kingsley et al., 1999; Pauli et al., 2001).

Siden midten af 1980erne har fiskeriet på rejer flyttet sydover (Figur 3b). Dette indikerer, at rejerne har migreret sydover til varmere omgivelser under den kolde periode fra slutningen af 1980erne til starten af 1990erne. Fra 1995 steg bundtemperaturen markant (Figur 3c), men rejerne migrerede ikke nordpå igen. Disse varme betingelser ser ud som om de er favorable for rejerne, da både den totale biomasse og rekrutteringen af rejer er steget i sidste halvdel af 1990erne (Figur 3a).

4 Diskussion og fremtidige undersøgelser

Hypotesen, oprindeligt stillet af Hansen og Buch (1986), at de stærke årgange af torsk ved Vestgrønland er et resultat af en stor rekruttering af torskelarver fra Island, er nærmere undersøgt af Ribergaard (2004). For at undersøge driften fra Island til Grønland nærmere, så er der lavet statistik på drivbøjer med et sejl i 15 meters dybde. Alle de drivbøjer fra 1990erne, der på et tidspunkt befandt sig over den sydvestlige islandske shelf, er grupperet efter deres videre færd (Figur 11). Godt halvdelen fortsætter nord om Island (grøn), mens 10–15 procent ender i Irmingervandet langs Grønlands østkyst (rød). Dette stemmer godt overens med statikken over driften af torskelarver beregnet ud fra 0-gruppe togterne for perioden 1970–1992 (Astthorsson et al., 1994). Tilbage er så at forklare de 20–25 procent af drivbøjerne, der også ender ved Grønland men i Polarvandet i den Østgrønlandske Strøm (blå). Hvis man antager, at disse torskelarver pga. den lave havtemperatur i Polarvandet og pga. anden fødesammensætning heri ikke overlever, så stemmer statistikken fra drivbøjerne forbavsende godt overens med driften af torskelarver. Dette indikerer, at torskelarverne i deres første levemåneder passivt driver rundt med havstrømmen.

Hermed synes det muligt at modellere transporten af torskelarver fra Island til Grønland. Således er overfladestrømfelter fra en regional nested oceanmodel med horisontal opløsning på 20–25 km brugt som forcering til en partikelmodel, der skulle repræsentere torskelarvernes drift. Simuleringerne dækker perioden 1948–2001 og oceanmodellen er forceret med NCAR/NCEP re-analyser (Ribergaard, 2004). Overraskende nok kunne dette model-setup ikke reproducere en stor transport af torskelarver fra Island til de grønlandske farvande i de år, hvor årgangsstyrken af torsk ved Vestgrønland var stor. Man kunne derfor umiddelbart fristes til at kassere hypotesen af Hansen og Buch (1986). Imidlertid viste en detaljeret validering af oceanmodellen, at den havde store problemer med at gengive de rigtige fordelinger af salt, temperatur og specielt havis i det nordvestlige Atlanterhav omkring Grønland, hvilket igen påvirker overfladecirkulationen (Ribergaard, 2004). Derfor kan man ikke konkludere noget endeligt ud fra dette modeleksperiment.

Ved nærmere analyse af drivbøjerne ses det, at drivbøjernes slutposition er stærkt bestemt af strømmene i Danmarksstrædet – specielt i et lille område omkring 66°N, hvor mange af drivbøjerne krydser strædet i den stærke front mellem Irmingervandet og Polarvandet. Således vil selv små forstyrrelser i overfladestrømmen bestemme torskelarvernes skæbne. Hermed synes de individuelle lavtrykspassager at være overordentlige vigtige for transporten fra den ene vandmasse til den anden, ligesom den kraftige hvirvelaktivitet på fronten synes vigtig. For at reproducere disse strømforhold korrekt konkluderede Ribergaard (2004), at både oceanmodellen og atmosfæremodellen skulle have en væsentlig højere opløsning – både rummeligt og tidsligt - end i det pågældende eksperiment. For at imødegå disse krav, så arbejder DMI's Center for Marin Forecasting (CMF) på at opsætte en oceanmodel med høj opløsning i Nordatlanten med speciel fokus på farvandene omkring Grønland.

Under de tyske trawltogter ved Sydøst- og Vestgrønland i 2003 blev der fanget forholdsvis mange 1-års torsk og specielt 0-gruppe torsk samt kuller (Stein, 2004). Et hurtigt estimat giver, at 2003-årgangen er i samme størrelsesorden som 1984-årgangen (Manfred Stein, personlig samtale). Dette kunne tyde på en tilbagevenden af udenskærs torsk ved Vestgrønland, men dette kræver en regulering af fiskeresourcerne for at minimere fremtidige bifangster og overfiskning. Man skal dog holde sig for øje, at de klimatiske forhold kan ændre sig drastisk på kort tid og med store konsekvenser for det marine miljø som f.eks. omkring 1970. Fysikken bag disse klimatiske ændringer er dårlig forstået og bør udforskes detaljeret i fremtiden.

5 Resumé

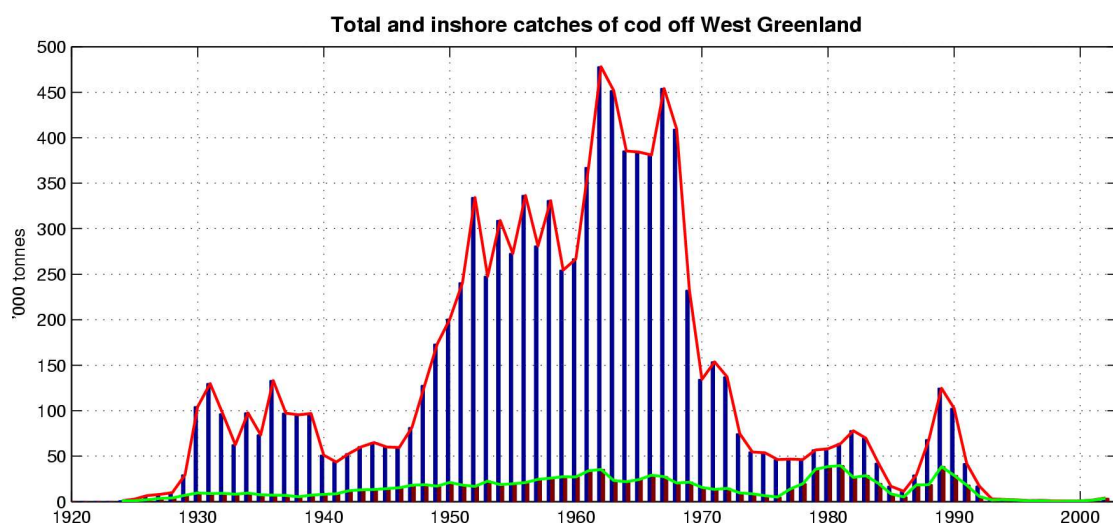
- Hvor den grønlandske økonomi førhen i høj grad var afhængig af torskefiskeri, så er den i dag næsten udelukkende afhængig af rejefiskeriet.
- Siden omkring 1970 har det grønlandske klima været betydelig koldere end perioden 1925–1970, hvilket kan relateres til et skift i NAO indekset fra lave til høje værdier.
- Ændringen i atmosfærens trykfordeling, reflekteret ved NAO, har resulteret i en mindskelse af transporten af varme, saltvand og torskelarver til det vestgrønlandske område.
- Stigningen i biomassen af rejer ved Vestgrønland kan ikke alene forklares ved ændrede klimatiske betingelser. Med torskens forsvinden forsvandt også en af rejets store fjender. Desuden har bifangst af torsk ved rejefiskeriet medvirket til at holde torskebestanden nede på et minimum.
- Klimavariationerne ved Grønland er hovedsagelig baseret på havtemperaturer. Der findes stort set ingen direkte strømmålinger i området, der kan bruges til en beregning af styrken og variabiliteten i transporten af Irmingervand og Polarvand til området. Derfor anbefales det at opsætte strømmålere med tilhørende temperatur og saltholdigheds-målere ved f.eks. Kap Farvel.
- For at undersøge disse hydrografiske forhold nærmere, herunder driften af torskelarver fra Island til Grønland tilbage i tiden, så anbefales det at opsætte en oceanmodel med høj horisontal og tidslig opløsning og drive den med en atmosfæremodel, der også har en høj rummelig og tidslig opløsning.

Referencer

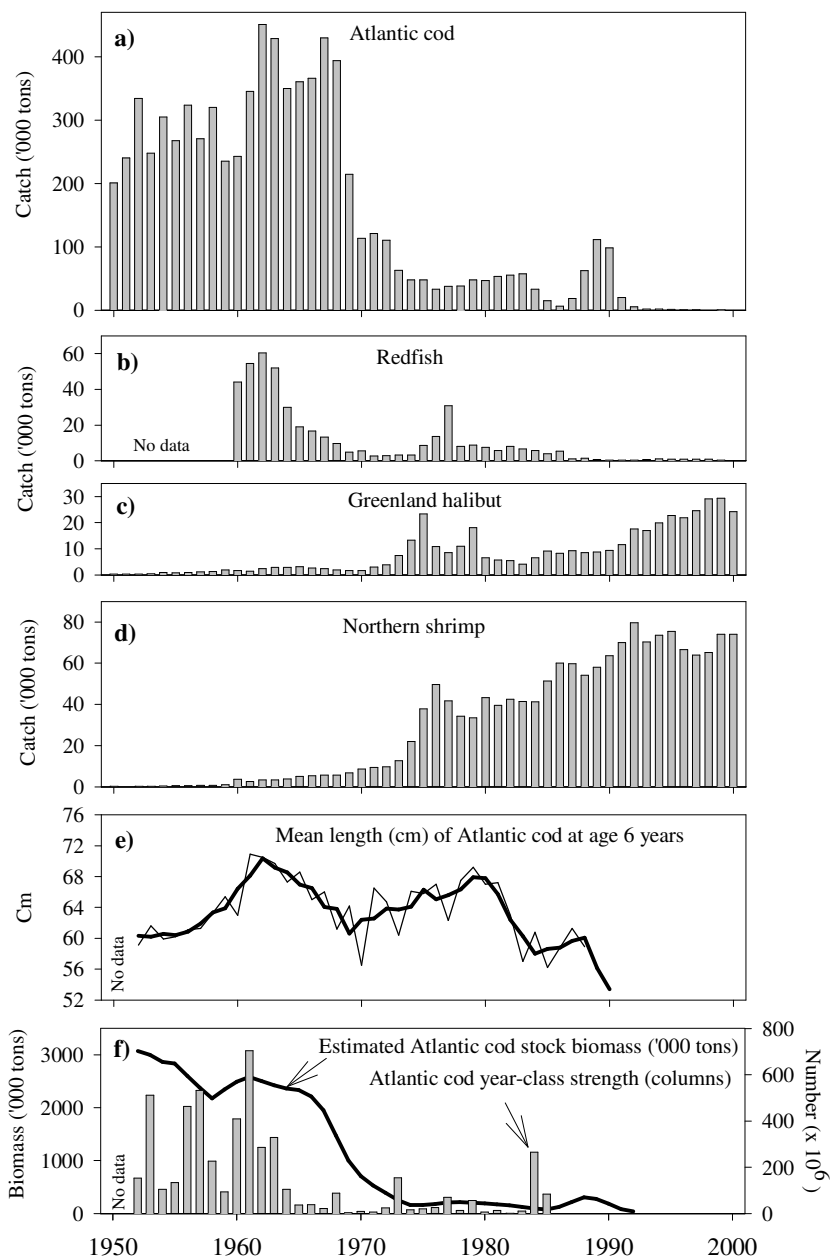
- Astthorsson, O.S., Gislanson, A., and Gudmundsdottir, A., 1994. Distribution, abundance, and length of pelagic juvenile cod in Icelandic waters in relation to environmental conditions. *ICES marine Scientific Symposium* **198**, 529–541.
- Belkin, I.M., Levitus, S., Antonov, J., and Malmberg, S.-Aa., 1998. "Great Salinity Anomalies" in the North Atlantic. *Progress in Oceanography* **41**, 1–68.
- Blindheim, J., Borovkov, V., Hansen, B., Malmberg, S.-Aa, Turrell, B. and Østerhus, S., 2000. Upper layer cooling and freshening in the Norwegian Sea in relation to atmospheric forcing. *Deep-Sea Research I* **47**, 655–680.
- Blindheim, J., Toresen, R., and Loeng, H., 2001. Fremtids klimatiske endringer og betydningen for foskeressursene, *Havets miljø* 73–78.
- Buch, E., Pedersen, S.A. and Ribergaard, M.H., 2004. Ecosystem variability in West Greenland waters. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* **34**, 13–28.
- Dickson, R.R., and Brander, K.M., 1993. Effects of a changing windfield on cod stocks of the North Atlantic. *Fisheries Oceanography* **2(3/4)**, 124–153.
- Dickson, R.R., Lazier, J.R.N., Meincke, J., Rhines, P. and Swift, J., 1996. Long-term coordinated changes in the convective activity of the North Atlantic. *Progress in Oceanography* **38**, 241–295.
- Dickson, R.R., Meincke, J., Malmberg, S.-Aa., and Lee, A.J., 1988. The "Great Salinity Anomaly" in the northern North Atlantic 1968–1982. *Progress in Oceanography* **20**, 103–151.
- Hamilton, L., Lyster, P., and Otterstad, O., 2000. Social change, ecology and climate in 20th-century Greenland. *Climatic Change* **47**, 193–211.
- Hamilton, L.C., Brown, B.C., and Rasmussen, R.O., 2003. West Greenland's cod-to-shrimp transition: Local dimensions of climate change. *Arctic* **56**, 271–282.
- Hansen, H., and Buch, E., 1986. Prediction of Year-class Strength of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) off West Greenland. *NAFO Scientific Council Studies* **10**, 7–11.
- Hermann, F., 1953. Influence of temperature on strength of cod year-classes. *Annales Biologiques* **9**, 31–32.
- Hovgård, H. and Messtorff, J., 1987. Is the West Greenland cod mainly recruited from Icelandic waters? An analysis based on the use of juvenile haddock as an indicator of larval drift. *NAFO Scientific Council Research Documents* **87/031**.
- Hurrell, J.W. 1995. Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: regional temperatures and precipitation. *Science* **269**, 676–679.

- ICES. 2000. The 1999/2000 ICES annual ocean climate status summary. Prepared by the Working Group on Oceanic Hydrography. Editor: Bill Turrell. (www.ices.dk/status/clim9900/).
- Kingsley, M.C.S., Kannevorff, P., and Carlsson, D.M., 1999. By-catches of fish in the West Greenland shrimp survey: an initial analysis. *NAFO Scientific Council Research Documents* **99/111**.
- Koeller, P.A., 2000. Relative importance of abiotic and biotic factors to the management of the northern shrimp (*Pandalus borealis*) fishery on the Scotian Shelf. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* **27**, 21–33.
- Lilly, G.R., Parsons, D.G., and Kulka, D.W., 2000. Was the increase in shrimp biomass on the northeast Newfoundland Shelf a consequence of a release in predation pressure from cod? *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* **27**, 45–61.
- Pauly, D., Palomares, M.L., Froese, R., Sa-a, P., Vakily, M., Preikshot, D., and Wallace, S., 2001. Fishing down Canadian aquatic food webs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**, 51–62.
- Pedersen, S.A., and Rice, J., 2002. Dynamics of fish larvae, zooplankton, and hydrographical characteristics in the West Greenland Large Marine Ecosystem 1950-1984. In: Shermann, K.S., and Skjoldal, H.R. (eds). *Large Marine Ecosystems of the North Atlantic: Changing States and Sustainability*. Elsevier Science, Amsterdam, The Netherlands, 151–193.
- Pedersen, S.A., and Smidt, E.L.B. 2000. Zooplankton distribution and abundance in West Greenland waters, 1950-1984. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* **26**, 45–102.
- Ribergaard, M.H., 2004. On the coupling between hydrography and larval transport in the Southwest Greenland waters. Ph.D. thesis. University of Copenhagen.
- Schopka, S.A., 1991. The Greenland cod at Iceland, 1941–90, and its impact on assessment. *NAFO Scientific Council Research Documents* **91/102**.
- Stein, M., 2004. Transport of Juvenile Cod (*Gadus morhua*) and Haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) from Iceland to Greenland – Is there environmental forcing? *NAFO Scientific Council Research Documents* **04/004**.
- Storr-Paulsen, M., Wieland, K., Hovgård, H., and Rätz, H.-J., 2004. Stock structure of Atlantic cod (*Gadus morhua*) in West Greenland waters: implications of transport and migration. *ICES Journal of Marine Science* **61**, 972–982.
- Wieland K., and Hovgård, H., 2002. Distribution and Drift of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) Eggs and Larvae in Greenland Offshore Waters. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* **30**, 61–76.

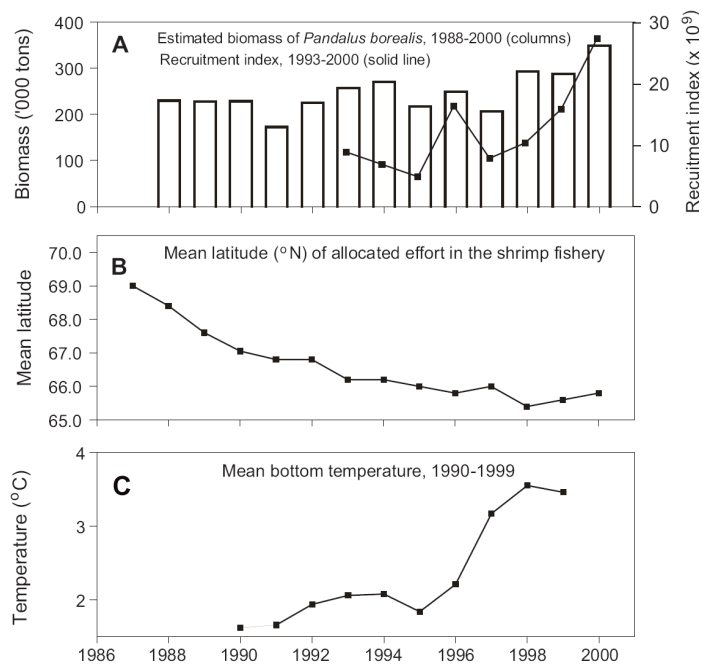
6 Figurer



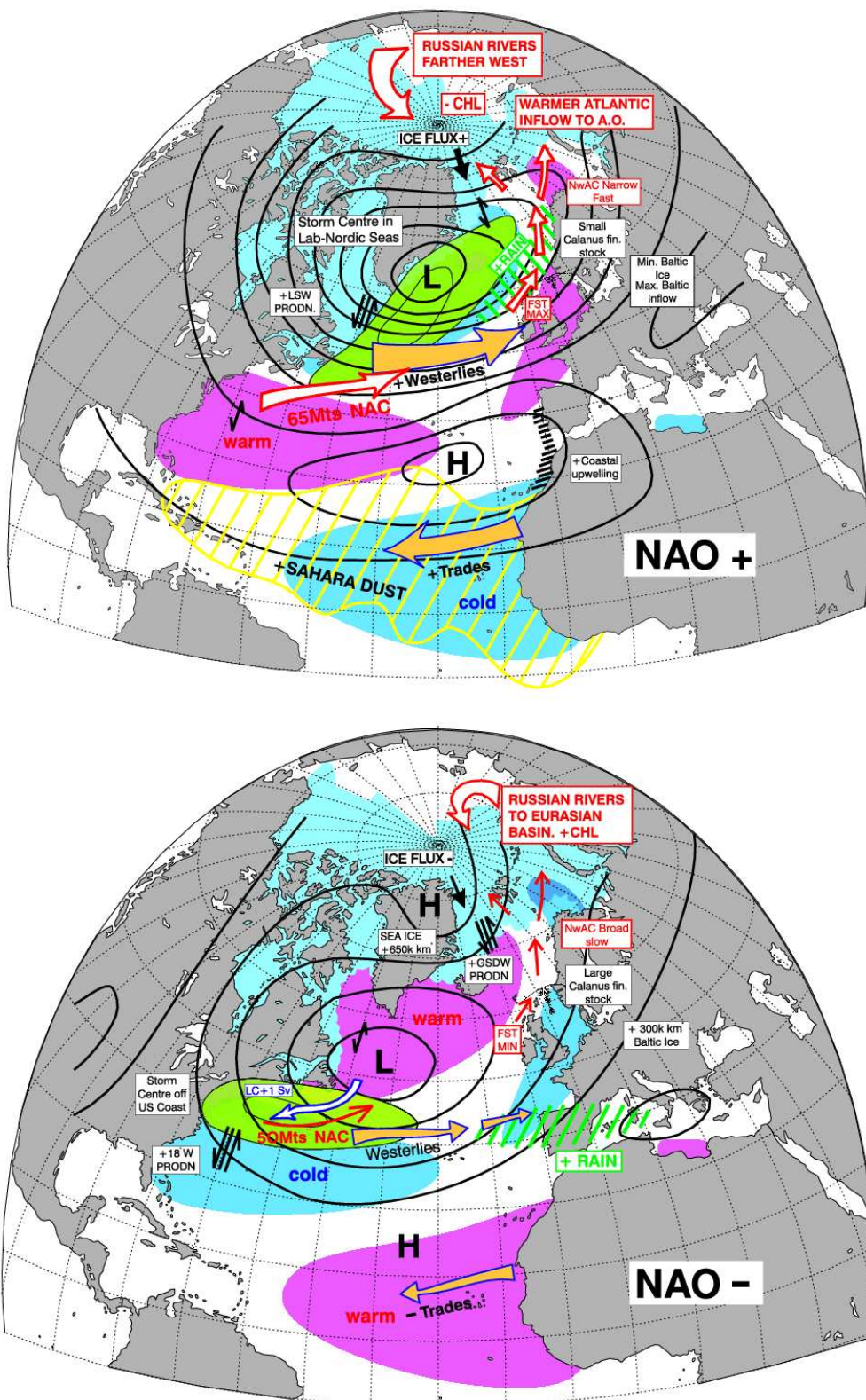
Figur 1. Totale årlige fangster i 1000 tons af torsk ved Vestgrønland (blå søjler og rød linie). De indenskærs fangster er vist med røde søjler og grøn linie. Fra Ribergaard (2004).



Figur 2. (a–e) Årlige fangster af fire kommercielt vigtige fiskearter ved Vestgrønland. (e) Middellængde af 6 år gamle torsk og 3 års løbende middel. (f) estimeret biomasse og årgangsstyrke af vestgrønlandske torsk. Fra Buch et al. (2004).

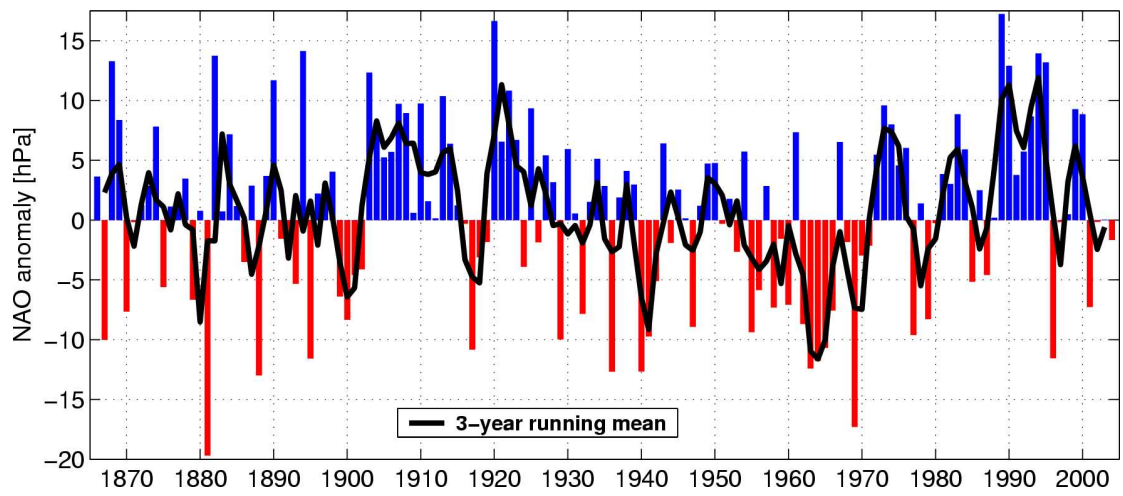


Figur 3. (a) Biomassen af rejer ved Vestgrønland og rekrutteringsindekset beregnet vha. det årlige rejetogt. (b) Middel breddegrad af kommercielt rejefiskeri ved Vestgrønland (c) Middel bundtemperatur under rejetogter. Modificeret fra Buch et al. (2004).

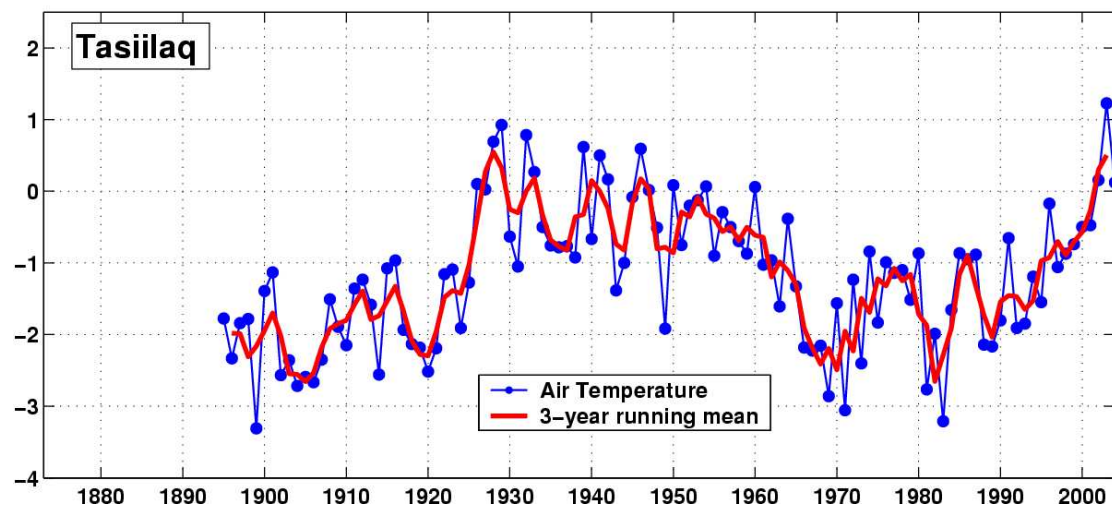
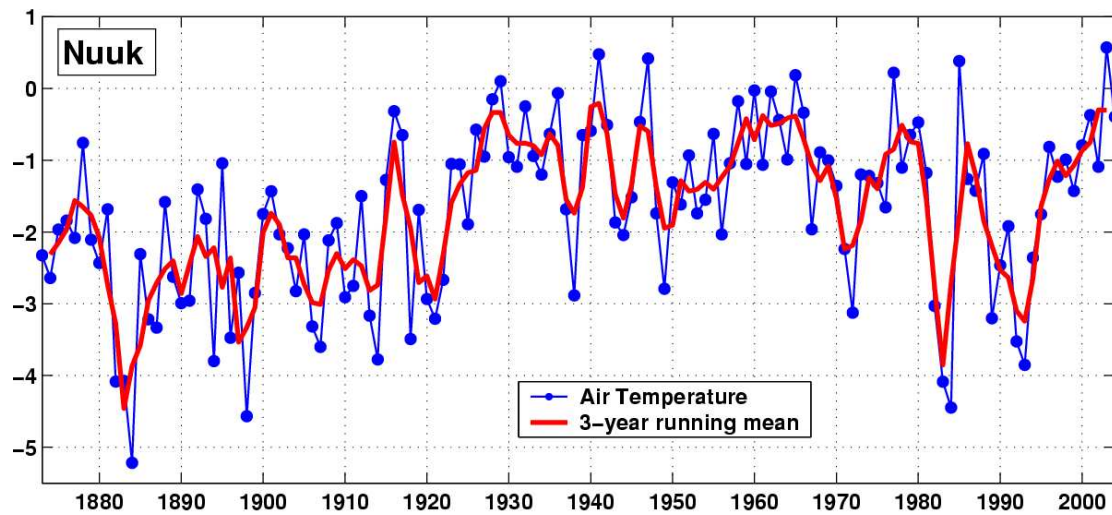


Figur 4. Illustration af de atmosfæriske forhold ved høje NAO værdier (øverst) og lave NAO værdier (nederst). Figureerne er hentet fra CLIVAR transparency D1 (courtesy of CEFAS, UK).

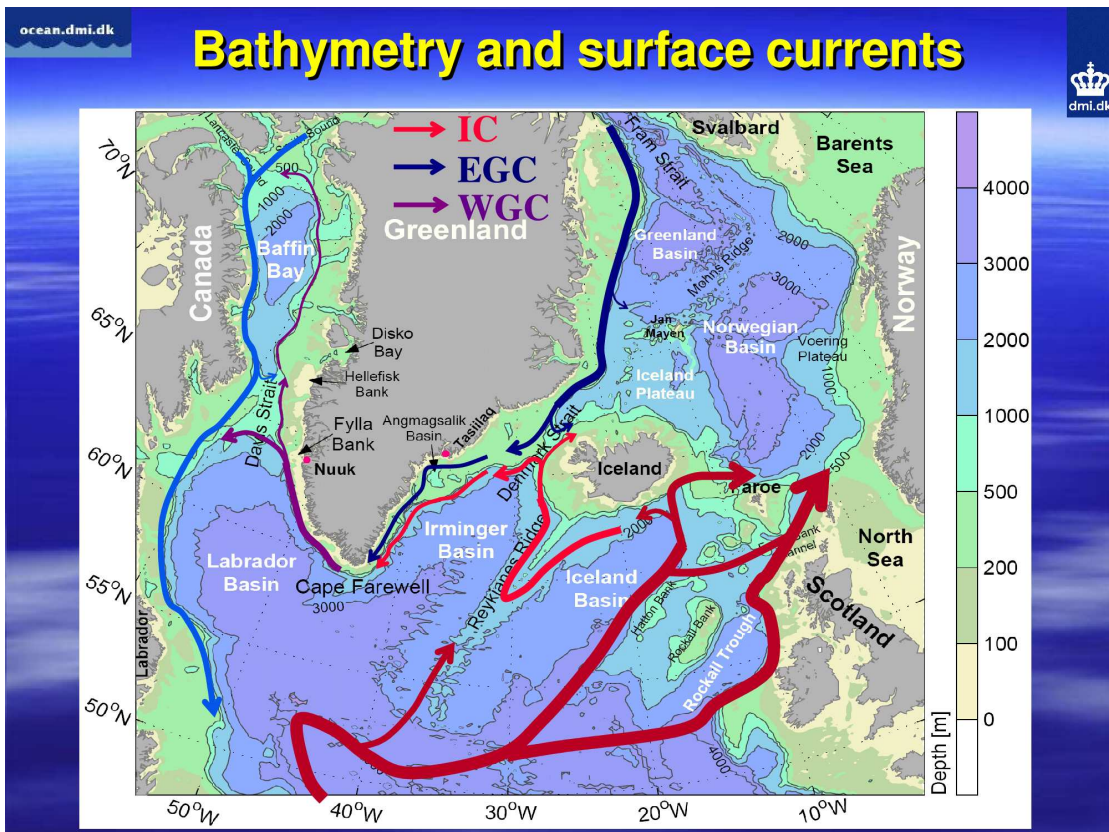
http://www.clivar.org/publications/other_pubs/clivar_transp/d1_transp.htm



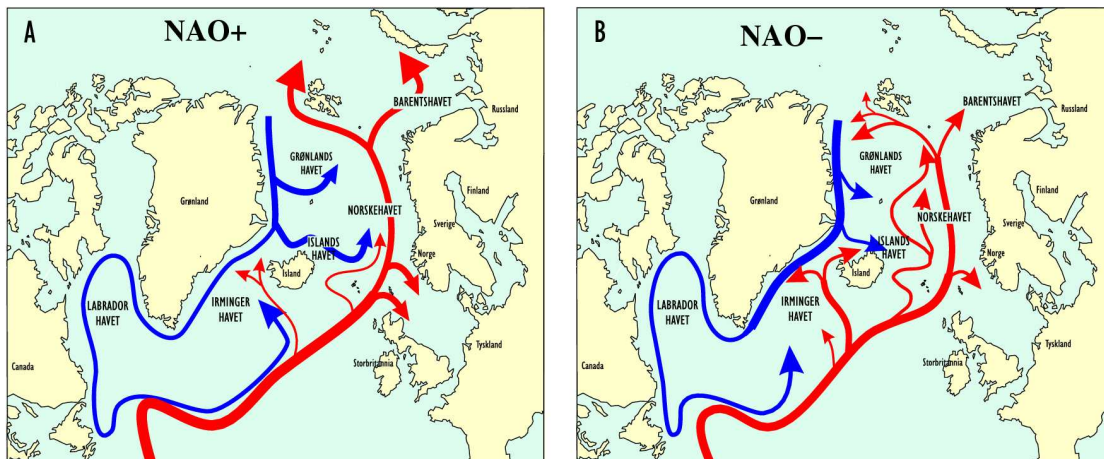
Figur 5. Tidsserie af vinter (december–marts) NAO værdier for perioden 1865–2004. Med sort er vist 3 års løbende middel. Opdateret fra Buch et al. (2004).



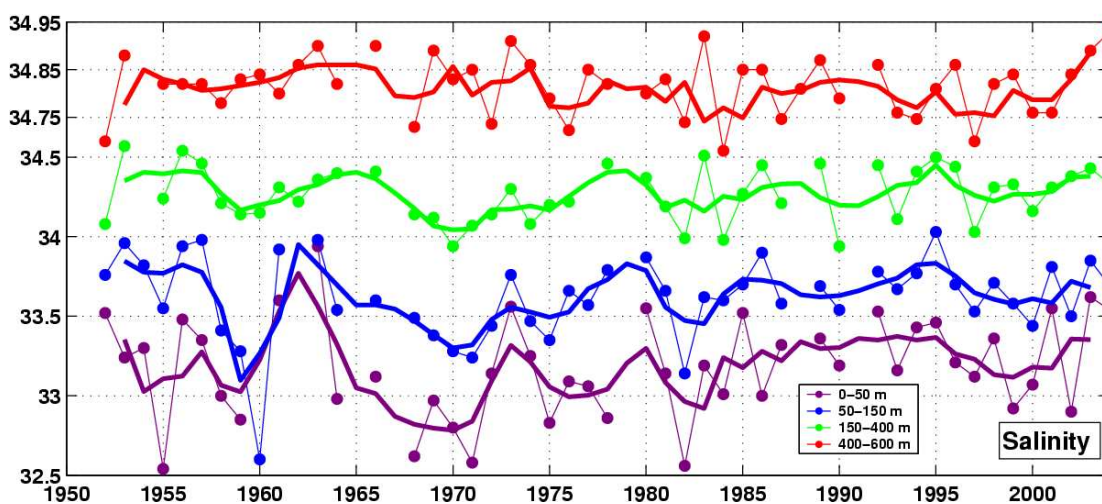
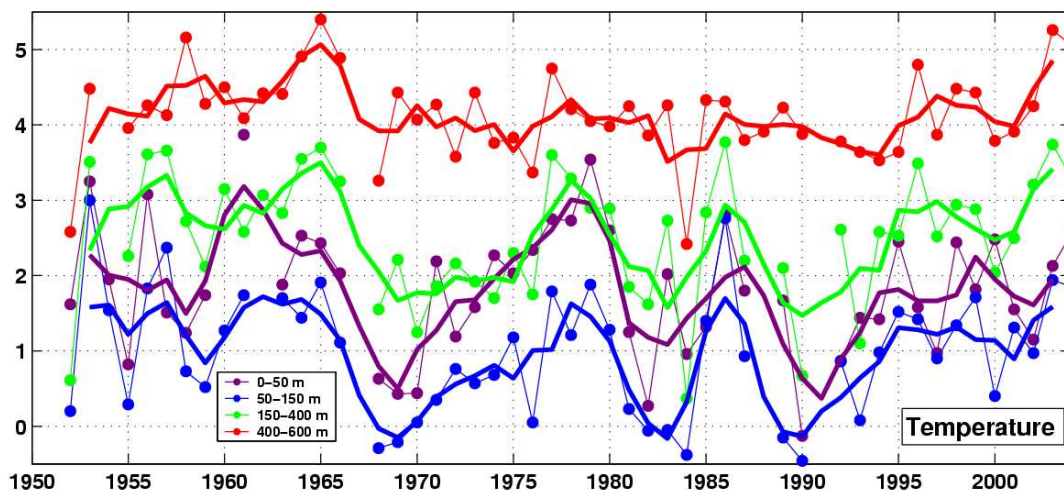
Figur 6. Årlig middeltemperatur sydvest (Nuuk) og sydøst (Tasiilaq) for Grønland for perioden 1873–2004.



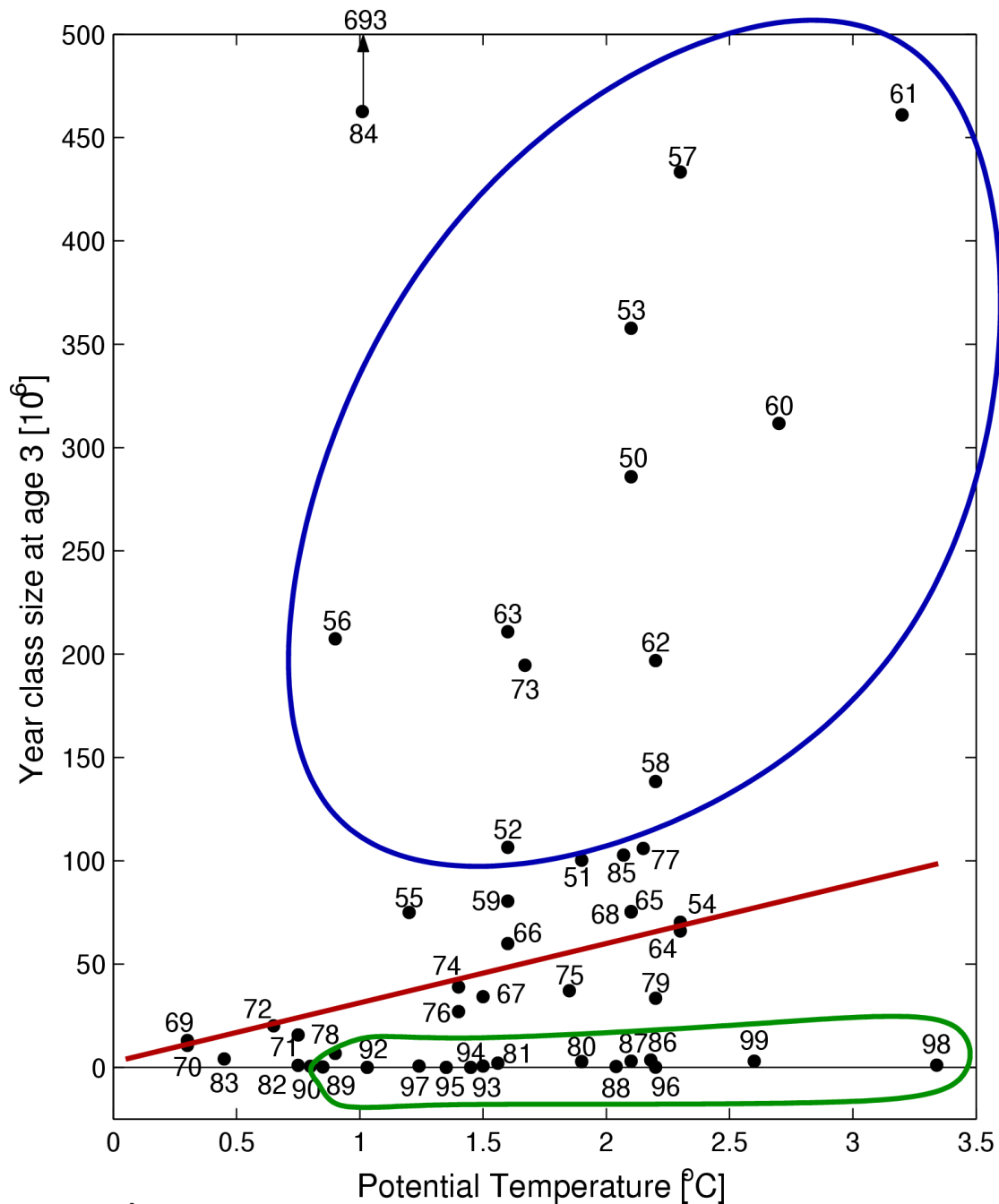
Figur 7. Bundtopografien og overfladestrømningen omkring Grønland. Med mørkerød er vist Den Nordatlantiske Strøm fra syd mens den lysere røde er en sidegren heraf kaldet Irmingerstrømmen (IC). Den mørkeblå pil viser Den Østgrønlandske Strøm (EGC) og med violet vises Den Vestgrønlandske Strøm (WGC). Konturlinier for bundtopografien er vist for 500, 1000, 2000, 3000 og 4000 meters dybde.



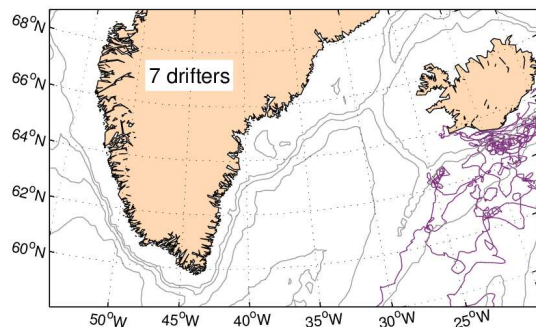
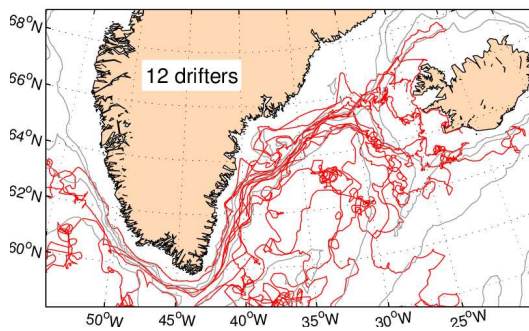
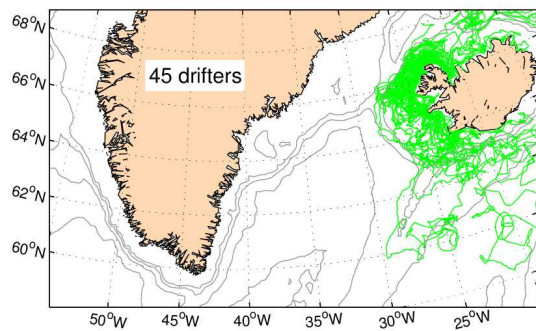
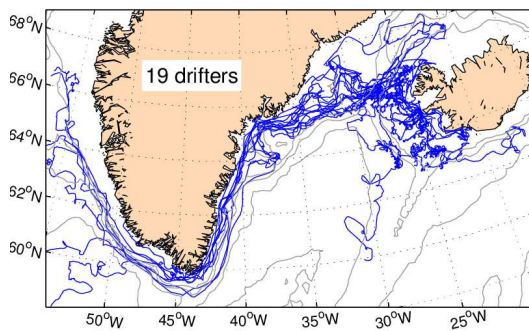
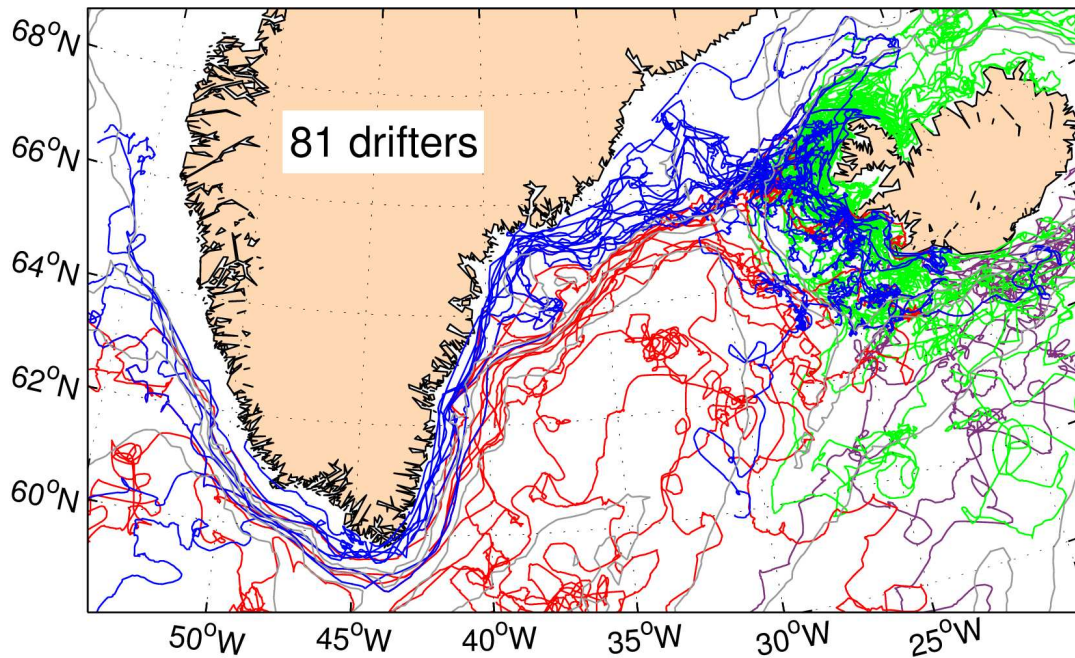
Figur 8. Illustration af overfladecirkulationen i Nordatlanten ved a) høje NAO værdier og b) lave NAO værdier. Med rød er vist Den Nordatlantiske Strøm fra syd, der transporterer varme og salt nordpå, mens koldt og lav-salint vand eksporteres sydover fra det Arktiske Ocean gennem Framstrædet. Sidegrenen af Den Nordatlantiske Strøm, der syd for Island drejer mod vest kaldes Irmingerstrømmen. Figuren er hentet fra Blindheim et al. (2001).



Figur 9. Middel temperatur (øverst) and saltholdighed (nederst) i fire forskellige dybdeintervaller vest for Fyllas Banke (station 4) over kontinentalsoklen for perioden 1950–2004. Bemærk ændringen i skalaen for saltholdighed ved 34.75. De tykke linier angiver 3-års løbende middel. Polarvandet har sin kerne i intervallet 50–150 m (blå) mens kernen af Irmingervandet findes under 400 m (rød). Fra Ribergaard (2004).



Figur 10. Årgangsstørrelser af 3 års torsk ved Vestgrønland (målt i tons) som funktion af temperaturen på toppen af Fyllas Banke (station 2, 0–40 m) for perioden 1950–1999. Bemærk, at 1984 årgangsstørrelsen går udenfor y-aksen. Årene er tilbageregnet til fødselsåret, dvs. f.eks. 1956-årgangen er estimeret ud fra fangster af 3-årige torsk i 1959. Se teksten for forklaring af den blå og grønne ellipse samt den røde linie. Fra Ribergaard (2004).



Figur 11. Højfrekvent filtrerede trajektorier af drivbøjer med sejl i 15 meters dybde i 1990'erne. Kun de drivbøjer, der på et tidspunkt befandt sig over den sydvestlige islandske shelf er inkluderet. Alle drivbøjerne har fået hver deres farve afhængig af deres slutposition. Blå: Krydser Danmarkstrædet og fortsætter i Polarvandet i Den Østgrønlandske Strøm tæt ved kysten. Rød: Krydser Danmarkstrædet og fortsætter i Irmingervandet nær 500–1000 m dybdekonturene i Den Østgrønlandske Strøm. Grøn: Transporters nord om Island. Violet: Transporteres sydøst om Island. Dybdekontur er vist for følgende dybder: 500, 1000, 2000, 3000 m. Fra Ribergaard (2004).