



Olie i Arktis

– eventyr eller mareridt?

Foto: Torkel Gissel Nielsen.

Risikoen for olieforurening af de følsomme arktiske områder stiger i fremtiden på grund af øget udvinding og mere skibstrafik. Vi ved, at olieforurening kan få fatale konsekvenser for fugle og havpattedyr. Men også havets mindre skabninger, vandlopperne, som alle de andre lever af, kan få det svært.

Af Julie Cornelius Grenvald, Morten Hjorth, Line Reeh og Torkel Gissel Nielsen

■ Vi kender alle de skræmmende billeder af fugle og pattedyr smurt ind i olie efter et udslip. Den største biomasse i havet udgøres imidlertid af de nederste dele af fødekæden. Og hvordan de reagerer på olie, ved man generelt meget lidt om. Vi har gennem de seneste år taget de første skridt til at undersøge, hvad olieforurening vil betyde for dyreplankton som vandlopper, og hvordan olie kan påvirke den indbyrdes konkurrence mellem de arter af krebsdyr, som udgør fødegrundlaget for resten af livet i havet. Resultaterne viser, at heller ikke havets mindste skabninger vil gå fri.

Olieeventyret kommer

Det er både dyrt og risikabelt at udbygge nye oliefelter i Arktis på grund af det hårde vejr og den ekstreme kulde, men med klimaforandringer og mindre havis, vil der for alvor blive adgang til de potentielle olierigdomme.

Et skøn lyder, at der bare i Grønlands undergrund kan ligge henholdsvis 31 milliarder tønder olie og gas ved den nordøstgrønlandske kyst og 17 milliarder tønder olie og gas i områderne vest for Grønland og øst for Canada. Tallene kommer fra *Kongeriget Danmarks Arktiske Strategi 2011-*

2020, som er vedtaget i fællesskab af Danmark, Færøerne og Grønland.

Samtidig kan klimaændringerne åbne op for øget skibstrafik. Efterhånden som havisen forsvinder, vil det blive muligt at sejle ad ruter og i områder, som i dag er utilgængelige, og hvor man kan skyde genvej til Asien. Der er allerede skibe, som har passeret både nordvest og nordøst om Grønland, og alt tyder på, at både krydstogtssejls og transport med gods og olie vil tage til i fremtiden.

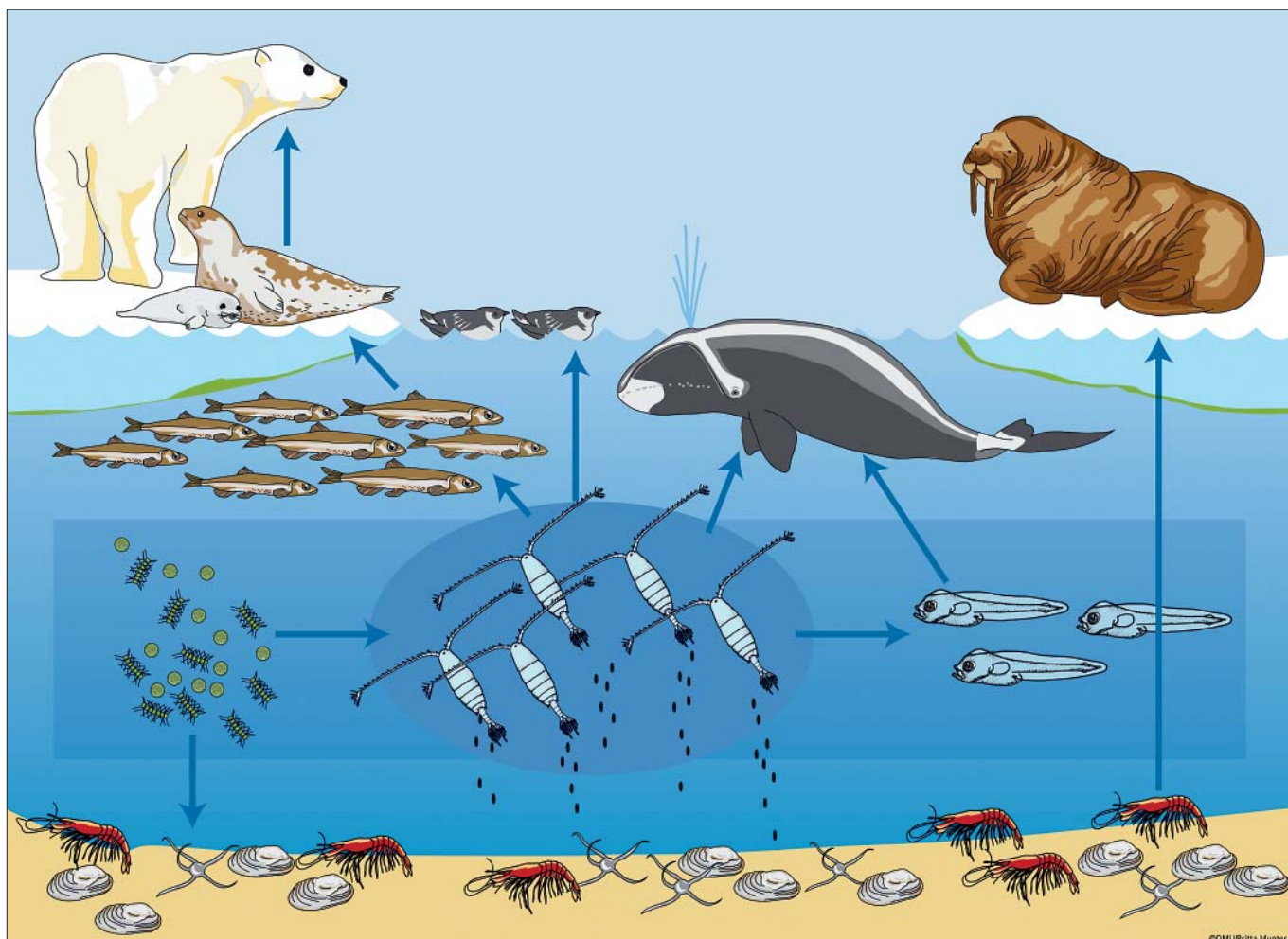
Både olieudvinding og øget skibstrafik rummer en poten-

tiel trussel i form af utilsigtede olieudslip i de sårbare arktiske marine økosystemer.

Ikke kun et problem for fugle og sæler

Hidtidige undersøgelser af effekter af olieforurening i Arktis har haft fokus på dyr øverst i fødekæden. Det skyldes for det

Foto: Diskobugten i slutningen af april 2008 lige efter isopbrud. Grønlandshvalen er en af Diskobugstens toprovdyr, som vil blive påvirket hvis sammensætningen og biomassen af vandloppesamfundet ændres.



Vigtige vandlopper

Dyreplankton spiller en afgørende rolle i det arktiske økosystem, fordi de udgør det vigtigste led for overførsel af energi fra planteplankton (primærproducenterne) til højere trofiske niveauer, der repræsenteres af fisk, havfugle og pattedyr i det marine miljø, og hvor isbjørne og mennesker udgør det sidste led i fødekæden. De store vandlopper tilhørende slægten *Calanus* er en nøglegruppe i arktiske økosystemer og de dominerer dyreplanktonet.

Calanus-vandlopper lever af planteplankton og andre mikroorganismer i havet. Når vandlopperne spiser planteplankton ophober de overskudsenergi i form af fedt. Man mener, at denne fedtbaserede energistrøm er den primære årsag til de store populationer af fisk, fugle og pattedyr i arktiske områder.

første, at oliestofferne bioakkumuleres, dvs. ophobes i dyrene øverst i fødekæden, og for det andet, at fugle, sæler og hvaler har stor betydning for lokalsamfundene i Arktis.

Så mens vi har en god grundlæggende viden om, hvordan olie påvirker fugle og havpattedyr, så ved vi stort set ingenting om, hvad konsekvenserne af en forurening kan blive for de dyr nederst i fødekæden, som alle de øvrige dyr er afhængige af som føde. Det gælder f.eks. for dyreplankton som vandlopper, der set i forhold til biomasse,

dvs. samlet vægt af alle dyr, er den største dyregruppe i havet i Arktis.

Diskobugten under luppen

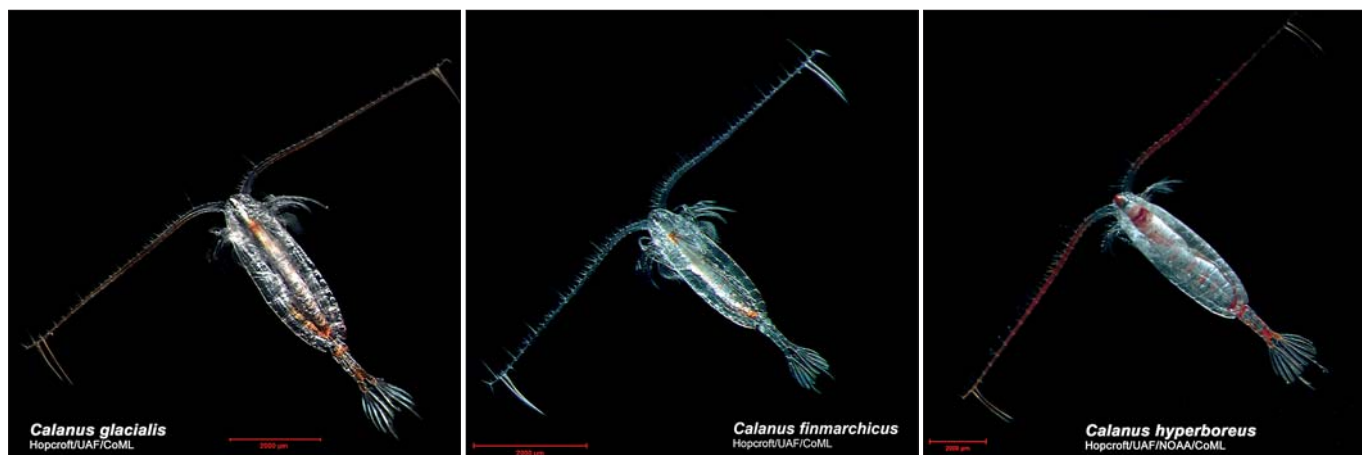
I Diskobugten i Vestgrønland er vandlopperne en af de nødvendige forudsætninger for det rige dyreliv i bugten, som huser omkring en tredjedel af Grønlands befolkning. Blandt andet ligger byen Ilulissat her samt den verdensberømte Jakobs-havn gletscher, som fodrer bugten med store isfjelde. I bugten er der et økonomisk meget vigtigt fiskeri på blandt andet

hellefisk og rejer.

Gennem de sidste 20 år har vi arbejdet med at undersøge og beskrive planktonfødekæden i bugten med base fra Arktisk station (Københavns Universitets feltstation) i Qeqertarsuaq på Diskøen. De seneste år har vi, i samarbejde med Grønlands klimaforskningscenter i Nuuk og Eva Friis Møller, Aarhus Universitet, undersøgt samspillet mellem plankton og klima, bl.a. med fokus på forårsopblomstringen i Diskobugten. Gennem de forskellige projekter har vi opbygget en

stor grundviden og erfaring i at håndtere de dominerende vandlopperarter under laboratorieforhold. Det har betydet, at vi, parallelt med de mere grundvidenskabelige projekter, siden 2006 også har kunnet lave de første spæde undersøgelser af, hvordan olie (med pyren som teststof – se boks) påvirker de forskellige *Calanus*-vandlopers grundlæggende fysiologi og udvikling.

Vores undersøgelser viser, at oliestofferne har en tydelig negativ effekt på den basale del af fødekæden, og at effekten



Fotos: Russ Hopcroft

De tre *Calanus* arter som findes i Diskobugten er umiddelbart ens, men adskiller sig i størrelse og fedtindhold, hvor de to arktiske arter, *Calanus glacialis* og *C. hyperboreus*, indeholder væsentlig mere fedt end den sydfra kommende art *C. finmarchicus*.

varierer mellem arter. Hidtil har man hovedsageligt arbejdet med effekter af oliestoffer på voksne vandlopperhunner. Men i sit speciale undersøgte Julie C. Grenvald effekterne af olie og temperatur på klækning af æg og den tidlige udvikling af vandlopperens larvestadier kaldet nauplier. Vandlopperens livscyklus indeholder en række stadier (se figur) og særligt tyder det på, at det især er de yngste stadier, som oplever nedsat vækst og overlevelse ved olieeksponering. Og det er netop de tidlige vandloppestadier, som mange fiskelarver har øverst på menuen.

Olieudslip i Vestgrønland

Utilsligede olieudslip opstår typisk ved boring i form af ukontrollerede blowouts, dvs. en udblæsning af olie fra et borehul i undergrunden, eller i forbindelse med håndteringen af olien og den efterfølgende bugsering og transport.

Olieudslip i kystnære områder som Diskobugten betragtes generelt som mere skadelige for økosystemerne end olieudslip i det åbne hav, fordi kystområderne huser både ynglende havfugle og rummer følsomme gydeområder for mange fiskearter.

Oliespild i isfyldte farvande giver også særlige problemer, da den lave temperatur virker konserverende på olien, fordi både fordampning og de biologiske nedbrydningsprocesser går lang-

sommere, samtidigt med, at isen vanskeliggør opsamling af olien. Det betyder, at livet i havet, herunder vandlopperne, risikerer længere eksponering til de giftige stoffer.

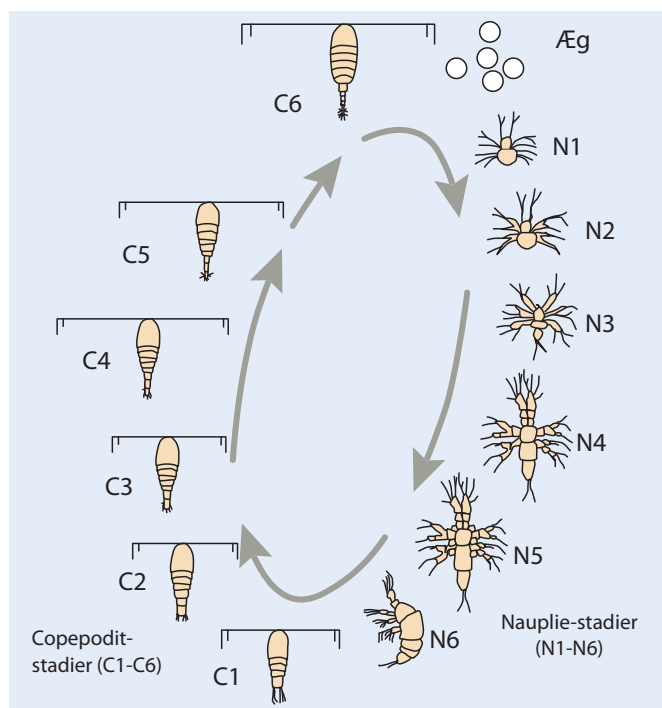
Tre vandloppearter konkurrerer

I Vestgrønland og Diskobugten er dyreplanktonet domineret af tre arter af *Calanus*-vandlopper.

To af arterne; *Calanus hyperboreus* og *Calanus glacialis* er arktiske arter, som er tilpasset kolde vandtemperaturer. Den tredje art, *Calanus finmarchicus*, er en nordatlantisk art, som er tilpasset varmere temperaturer. De tre vandloppearter sameksisterer og optræder tilsammen i så enorme mængder, at Grønlandshvalen i århundreder er kommet dertil for at æde vandlopper.

Balancen mellem de tre arter varierer med temperatur og andre forhold i bugten. Og for de fisk, som lever af vandlopperne, har det stor betydning, om det er de arktiske eller den atlantiske art, som klarer sig bedst. Det skyldes, at indholdet af det energirige fedt, som er livsvigtigt for at overleve i Arktis, er langt mindre i den atlantiske art end i de to arktiske arter.

Netop det at kunne oplagre meget fedt er en særlig tilpasning typisk for en arktisk art som *Calanus glacialis*. Denne vandloppe, der bliver ca. en halv cm, har evnen til at spise



Livscyklus af *Calanus*-vandlopper fra udviklingen af æg til det voksne individ. Når æggene klækkes gennemgår de 6 nauplie-stadier, hvorefter de skifter til 5 såkaldte copepodit-stadier. Efter 5 af disse stadier er vandlopperne fuldvoksne. *Calanus finmarchicus* kan gennemgå cyklus på et år, mens de to arktiske arter er flere år om at blive voksne.

rigeligt, når der er mad tilgængeligt og lagre fedtet i kroppen, så den kan tære på det under den lange, mørke og uproduktive vinter, hvor vandloppen går i dvale nær bunden. Om foråret stiger *C. glacialis* op til overfladen igen og begynder at lægge æg. Det kan den gøre på tom mave med udgangspunkt i dens oplagrede fedtreserver. På den måde kan den reproducere sig allerede før

forårsopblomstringen af alger, som vandloppe-larverne (nauplier) lever af, går i gang om foråret. Det betyder, at afkom af *Calanus glacialis* kan få et vigtigt forspring i forhold til f.eks. nauplier af den atlantiske art, *Calanus finmarchicus*, som har meget mindre fedtreserver og derfor er nødt til at vente på forårsopblomstringen for selv at spise, før den kan reproducere sig.

Pyren som teststof

At studere effekter af olie i havmiljøet kan være problematisk, idet man selvsagt nødt vil hælde olie ud i miljøet alene for at studere det. Derfor er man nødsaget til at studere effekter efter ulykker med spild eller lave kontrollerede laboratorieforsøg med olie og oliestoffer. De beskrevne studier har anvendt pyren som modelstof.

Pyren tilhører den kemiske gruppe af polycykliske aromatiske kulhydrater (PAH'ere), og består af 4 benzenringe. PAH'ere er svært opløselige i vand og binder sig omvendt hurtigt til fedtstoffer. Denne gruppe repræsenterer nogle af de mest giftige stoffer i det marine miljø, som kan være kræftfremkaldende og forårsage DNA-skader. PAH'ere i miljøet stammer fra oliespild, men kommer også fra forbrænding af blandt andet fossile brændstoffer. Råolie indeholder mange forskellige stoffer inklusiv PAH'ere, og fordelingen er afhængig af lokaliteten, men pyren er som regel altid en komponent, der kan findes efter et oliespild. Det gør stoffet velegnet til modelstudier af effekter af oliestoffer og i tilgift er det praktisk at håndtere og dosere i laboratorie- og feltforsøg. Pyrenmolekylet består af fire sammenkædede benzenringe og er en lavmolekylær PAH, der er lysfølsomt. Stoffet er giftigt for akvatiske organismer, men dets nedbrydningsprodukter kan være mange gange mere giftige.

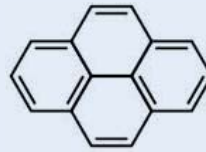
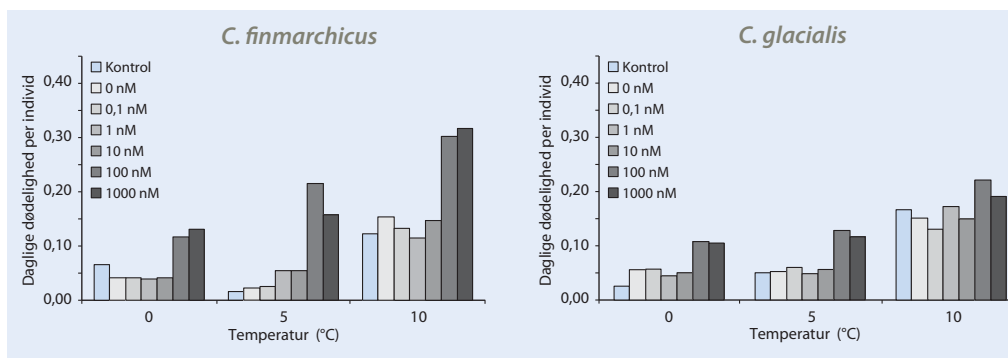


Foto: Toriel Gissel Nielsen.

Opsætning af forsøg. De mange flasker indeholder kombinationer af æg af de to vandlopperarter, *C. finmarchicus* og *C. glacialis*, og oliestoffet pyren. Udviklingen af æg til vandloppe-larver blev fulgt ved tre temperaturer (0, 5 og 10 grader) over en periode på maksimalt 30 dage. Nauplie-larvernes vækst og overlevelse blev efterfølgende noteret ved de forskellige behandlinger for at kunne udlede potentielle effekter af oliestoffet og stigende temperatur.



Figurerne viser dødeligheden (per dag) af nauplie-larver ved 0,5 og 10 grader og ved de forskellige koncentrationer af oliestoffet pyren. Det ses tydeligt, at dødeligheden stiger ved øget temperatur hos begge arter. Når pyrenkoncentrationen er høj ses det, at dødeligheden stiger markant ved høj temperatur (10 grader) hos *C. finmarchicus*. Dette er ikke tilfældet for *C. glacialis*, da artens større fedtindhold formodentlig virker som en buffer over for de giftige stoffer i olien.

Klimaændringer tipper balance

Effekter af klimaforandringerne er nu allerede synlige i Diskobugten i form af mindre havis og kortere perioder med isdække.

Vores forsøg har vist, at fremtidens varmere vand kan betyde, at *Calanus glacialis* mister den fordel, den har i dag med at kunne producere æg før de andre på tom mave, og at den sydlige art, *Calanus finmarchicus*, til gengæld vil blive hyppigere forekommende. For fiskeynglen i området kan det blive som, hvis madpakken skiftede fra at indeholde fuldfedt flæsk til riskiks. Der vil fortsat være mad til den øvre del af fødekæden, men det kan blive sværere at få fedt nok til at klare sig gennem den mørke og kolde periode.

Følsomhed afhænger af fedt

I de tidligste stadier af vandloppelarver (nauplier) hos både den arktiske og "fede" *C. glacialis* og den nordatlantiske, "tynde" *C. finmarchicus*, viste vores forsøg, at dødeligheden efter eksponering til pyren var stor ved lav temperatur. Men ved høj temperatur, som *C. finmarchicus* burde kunne tolerere, var dødeligheden markant højere end hos *C. glacialis*. Så til trods for at *C. glacialis* er tilpasset kolde temperaturer, vil arten tolerere et varmere klima med samtidig olieforurening bedre end *C. finmarchicus*.

Forskellen i de to arters tolerance overfor oliestoffet pyren forklarer vi med de to arters forskellige fedtindhold. Fedt virker som en buffer, der akkumulerer giftstofferne fra olien, og på den måde udsætter en skadelig effekt. Det betyder, at arter med et mindre fedtindhold, som *C. finmarchicus*, hurtigere vil blive udsat for oliens giftstoffer, der enten vil skade deres organisme (med fatale konsekvenser) eller tvinge den til at bruge vigtige energiresourcer på at nedbryde de skadelige stoffer. Hvordan *C. glacialis* påvirkes på længere sigt, når det olieholdige fedt mobiliseres under overvintringen, og i forbindelse med dannelse af æg



Bundvands-container

Fra 1. marts har cand. scient. Malene Møhl, sammen med Rasmus Dyrmosø Nørregaard og Laila Espersen, som skriver speciale i Akvatisk Videnskab og Teknologi ved DTU Aqua, undersøgt effekterne af oliestoffer på den fedeste vandlopperart, *Calanus hyperboreus*, såvel som på de to mindre arter, hvis de bliver udsat for olien, mens de står i deres overvintringsdybder før og efter forårsopblomstringen af alger. De tre har arbejdet i ned til minus 28 graders kulde på isen ud for Arktisk Station for at hente prøver, som de senere har oparbejdet i en laboratorie-container på Arktisk station. Temperatur og lysforhold i containeren kan reguleres, så de følger forholdene ved bunden af Diskobugten, hvor vandlopperne overvintrer. På billedet ses Malene Møhl, Rasmus Dyrmosø Nørregaard og Laila Espersen i laboratorie-containeren ved Arktisk Station. (Foto Line Reeh).

til en kommende sæson, vides ikke og bør undersøges i fremtidige studier.

Effekter med tidsforsinkelse

I vinteren/foråret 2012 havde vi for første gang mulighed for at undersøge, hvordan pyren påvirker den største og fedeste af vandlopperne, *Calanus hyperboreus*, som gyder på dybt vand midt om vinteren. Det er lykkedes i år, fordi bugten i vinter, efter to sæsoner næsten uden is, har været totalt dækket af havis, som har gjort det muligt at indsamle vandprøver med denne fede vandloppe gennem borehuller i isen og tage dem med tilbage i laboratoriet, hvor vi har lavet forsøg i en klimareguleret container (se boks).

De foreløbige resultater tyder på, at når vandlopperne udsættes for oliens giftstoffer i deres overvintringsdybder har det stor betydning for deres reproduktion og fødeoptagelse den føl-

gende sæson. Dermed bør også denne form for påvirkning tages i betragtning, når effekterne af en potentiel olieforurening på de arktiske fødekæder, skal vurderes.

Næste skridt

Fiskeprodukter er Grønlands vigtigste eksportvare. Og blandt andet i Diskobugten foregår efterforskningen af olie i områder, som også er vigtige gydeområder for flere kommercielt centrale bestande af blandt andet rejer og hellefisk. Bugten er også et vigtigt spisekammer for en stor del af verdensbestanden af Grønlandshvaler.

I takt med at olieefterforskningerne bliver udbygget, vil der også være et stigende behov for pålidelige monitoringsredskaber til at vurdere potentielle risici af olieforurening i det marine økosystem. Herunder et forbedret kendskab til centrale nøgleorganismers følsomhed over for oliestoffer.

Vi har nu etableret den

grundlæggende viden om olieeffekter på det dominerende dyreplankton i Diskobugten. Næste skridt bliver yderligere at undersøge, hvordan olieeksponering af overvintrende vandlopper påvirker deres fødeoptag og reproduktion, når de efter isens opbrud svømmer op i de produktive overfladelag, samt at undersøge mere komplekse olieblandingers effekter. En omfattende kortlægning og modellering af hele den basale del af havets fødekæde i en varmere og oliepåvirket fremtid vil give den fornødne viden til at forvalte den delikate balance mellem en beskyttelse af havets vigtige fødekæder og en hensigtsmæssig udnyttelse af oliereserverne i det sårbare Arktis.

Projektet har gennem tiderne været støttet af FNU, EUROBASIN, Grønlands klimaforskningscenter, Carlsbergfonden, Nordisk Ministerråd, WWF og Oticon.

Om forfatterne



Julie Cornelius Grenvald er videnskabelig assistent DTU Aqua i Sektion for marin økologi og klima juco@aqu.dtu.dk



Morten Hjorth er ph.d. i marin økotoxikologi, COWI morh@cowi.dk



Line Reeh er cand.mag. og journalist ved DTU Aqua lr@aqu.dtu.dk



Torkel Gissel Nielsen er professor, dr.scient DTU Aqua, Sektion for marin økologi og klima tgin@aqu.dtu.dk

Yderligere læsning

Jensen MH, Nielsen TG, Dalhöff (2008). Effects of pyrene on grazing and reproduction of *Calanus finmarchicus* and *Calanus glacialis* from Disko Bay, West Greenland. *Aquatic Toxicology* 87: 98-107 122.

Hjorth M & TG Nielsen (2011) Arctic oil exploration in a warmer future: Potential impacts on key zooplankton species. *Mar. Biol.* 158:1339-1347 120)

Nielsen TG (2006). Plankton fødekæden grundlaget for livet i Diskobugten; i Arktisk Station 1906-2006. Arktisk Station & Forlaget Rhodos. p 58-69.

Riisgaard K, Agersted MD, Jung-Madsen S, Swalethorp R & Nielsen TG (2011). Et hav i forandring. *Aktuel Naturvidenskab* 2: 10-13.