

Arktisk økologi under klimaændringer

I mere end 15 år har forskere ved feltstationen Zackenberg i Nordøstgrønland indsamlet en enorm mængde data om det arktiske økosystem. Det har gjort os betydeligt klogere på, hvordan dyr og planter reagerer på klimaændringer.



Foto: Mads C. Forchhammer

Mindre fly kan lande ved forskningsstationen Zackenberg, hvilket letter logistikken en hel del.

Af Mads C. Forchhammer, Niels M. Schmidt, Lars O. Mortensen & Jacob Nabe-Nielsen

■ I 1995 blev det første spadestik taget til en feltstation, der er i dag huser et af de mest omfattende monitoringsprogrammer af et arktisk økosystem. Stedet er Zackenberg i Nordøstgrønland (figur 1) og siden da har økosystemet her, år efter år, været under observation. Der indsamles årligt observationer på over 1500 biologiske og fysiske parametre gennem alle tre sommermåneder. I dag, 16 år senere, giver det os en ufatteligt mængde data på, hvordan et højarktisk økosystem fungerer – på egne præmisser såvel som i relation til klimaændringer. Det er data, der fortæller

historien om de forskellige dyr og planter, der lever med de store ændringer i det arktiske miljø, og har gennemgået de seneste årtier.

At betragte og forstå i en sammenhæng

Økologi handler om sammenhæng. Økologien er nemlig den gren af naturvidenskabene, der beskriver forholdet mellem arter og mellem arter og deres øvrige miljø. For at kunne forstå klimaets indflydelse på arters økologi bliver man nødt til at betragte bredt, på tværs af et økosystem. I den henseende er monitorin-

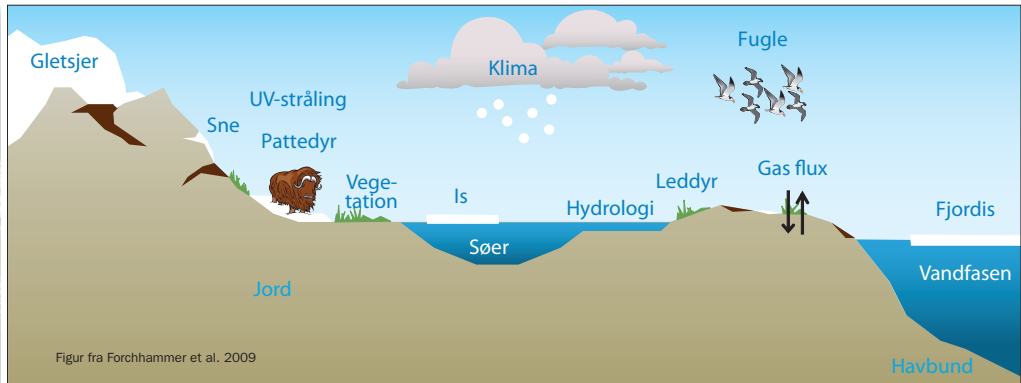
gen ved Zackenberg unik. Den giver os nemlig sammenfaldende informationer på mange arter og deres miljø i samme økosystem.

Tag for eksempel moskusoksen, der er den ene af de store planteædere, vi finder i Arktis. Moskusoksen indgår sammen med dens planteføde i et større system, hvor moskusoksen påvirker systemet og systemet påvirker moskusoksen (figur 2). Ændringer i klimaet kan som udgangspunkt gå via alle de forskellige vekselvirkninger, der er i systemet, og kan altså "nå" moskusoksen på forskellig vis. For det første har større mæng-

der af sne en direkte negativ effekt på moskusokserne. De har simpelthen sværere ved at nå deres føde under sneen, og falder der meget sne, eventuelt kombineret med overisninger, så stiger dødeligheden. Klimaet påvirker imidlertid også moskusoksen indirekte gennem dets indflydelse på planterne. Et varmere og varmere forår, som vi har oplevet over længere tid ved Zackenberg, har betydet, at planternes vækstsæson er blevet væsentlig længere. Det nyder moskusokserne godt af, og ved Zackenberg fødes der i dag flere kalve end for 10 år siden.



Figur 1. Forskningsstation Zackenberg ligger på den grønlandske nordøstkyst i hjertet af verdens største nationalpark.



Figur fra Forchhammer et al. 2009

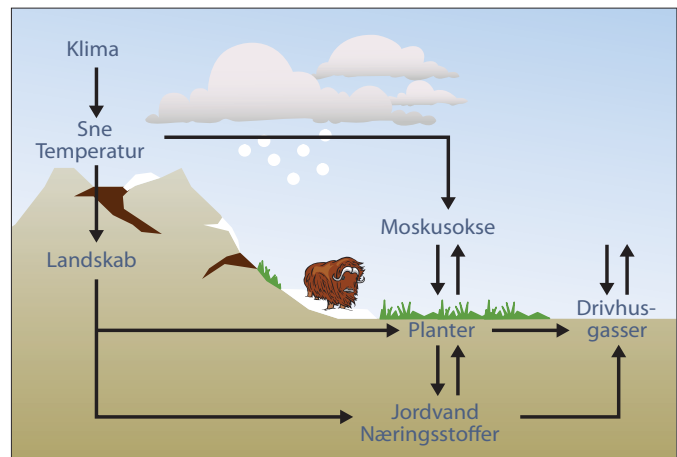
Zackenberg Basic

Zackenberg Basic er navnet på monitoringsprogrammet, der siden 1996 årligt har foretaget observationer af økosystemet ved Zackenberg. Observationerne varetages af 5 fagspecifikke basisprogrammer: KlimaBasis (klimamålinger), BioBasis (biologiske målinger på land og i ferskvand), GeoBasis (målinger af fysiske processer på land), MarinBasis (fysiske og biologiske målinger i havet) og GlacioBasis (målinger på gletchere). Tilsammen indsamler de 5 basisprogrammer informationer på over 1500 parametre i økosystemet ved Zackenberg, der overordnet kan grupperes under de 16 videnskabelige områder vist på figuren (skematisk præsentation af økosystemet ved Zackenberg).

Samme ændring kan give forskellige effekter

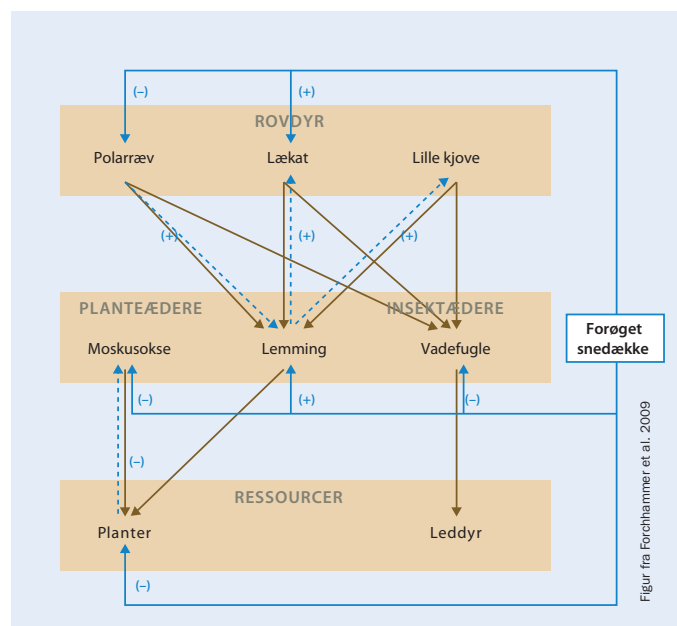
Med data fra Zackenberg kan vi kigge endnu bredere. Moskusoksen indgår sammen med arter som polarræv, lækat, vadefugle, lemming, samt en lang række planter og insekter i en større arktisk fødekæde (figur 3). Analyser viser, at ændringer i vinterens snedække har en lang række direkte og indirekte effekter på tværs af fødekæden. Som for moskusoksens vedkommende, kanaliseres de indirekte effekter af sne gennem de biologiske vekselvirkninger, der finder sted mellem de forskellige led i fødekæden, som man også kalder trofiske niveauer. Et øget snedække har både positive og negative effekter, fordi arternes økologi er forskellig. Eksempelvis lever lemmingerne under sneen, mens polarræven holder til oven på sneen. Lemmingen er et vigtigt byttedyr for polarræven. Derfor vil et øget snedække beskytte lemmingen bedre fra polarræven, mens et øget snedække, set fra polarrævens side, vil gøre det endnu vanskeligere at få fat i lemmingerne. Altså kan samme ændring i klima have modsatrettede effekter på forskellige arter i samme økosystem.

Figur 2. Moskusoksen er den eneste store planteæder, der findes i økosystemet ved Zackenberg. Sammen med dens planteføde indgår den som en del af økosystemet ved Zackenberg, og de sorte pile viser mulige veje i systemet ændringer i klimaet kan gå.

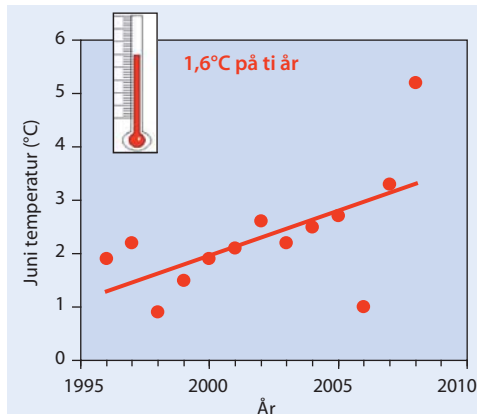


Figur fra Forchhammer et al. 2009

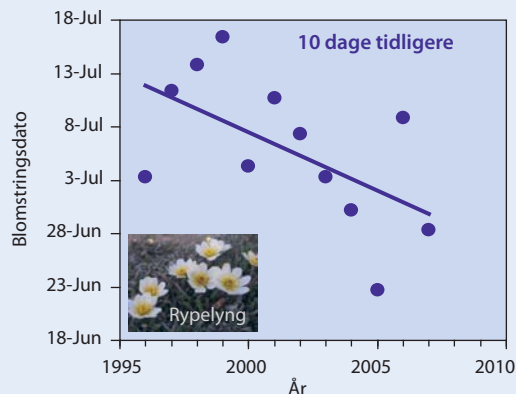
Figur 3. De omfattende mængder data, der gennem årene er indsamlet i økosystemet ved Zackenberg, har gjort det muligt at lave en samlet beskrivelse af klimaets effekt (blå pile) på tværs af fødekædens trofiske niveauer, fra rovdyr til planter. + og - angiver om effekten af forøget snedække er henholdsvis positiv eller negativ. Direkte effekt af forøget snedække er fuldtoptrukne blå pile, mens de indirekte effekter gennem de biologiske vekselvirkninger (brune pile) er angivet som stiplede blå.



Figur fra Forchhammer et al. 2009



Figur 4. Temperaturmålinger ved Zackenberg i perioden 1996-2008 viser, at den i gennemsnit er steget med 1,6 °C per årti. Den røde streg angiver den gennemsnitlige stigning.



Figur 5. Rypelyng er en flerårig plante tilhørende rosenfamilien. Man finder den i det meste af Grønland og på tværs af Arktis. I Zackenberg har den, i takt med de seneste års varmere forår, i gennemsnit rykket dens blomstring 10 dage frem.

Fænologi og trofisk "match-mismatch"

Trofisk niveau



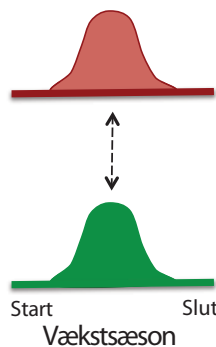
Planteæder



Planter

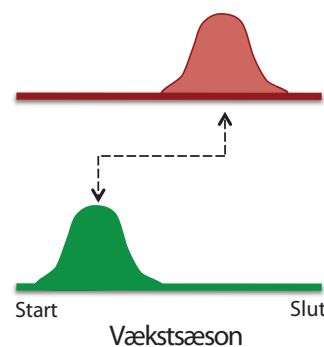
Planteædere, der lever i miljø med store sæsonmæssige forskelle, timer fødslen af deres afkom, så den "matcher" med fremkomsten af planter. På den måde har ungerne adgang til mest mulig føde af den bedste kvalitet. Ved en vedvarende opvarmning i forårsperioden

Trofisk "match"



bliver vækstsæsonen længere og planterne starter med at blomstre tidligere. Planteædere som f.eks. rensdyr har ikke i samme grad ændret timingen af kælvning, og der opstår derfor et tidsmæssigt "mismatch" mellem de to trofiske niveauer. Sådanne studier af,

Trofisk "mismatch"



hvordan planter og dyr timer deres livscyklus i forhold til klimændringer, kaldes fænologi. Fra tidligere at have fokuseret på sæsonmæssige ændringer, er fænologien i dag et vigtigt redskab til at beskrive arters reaktion på længerevarende klimaændringer.

Markante klimaændringer

Ændringer i klimaet påvirker arterne i Arktis. Gennem tusinde af år har de oplevet varmere såvel som køligere perioder, og mange arter har formået at tilpasset sig. Et af de store spørgsmål er dog, hvor store ændringer i klimaet arterne kan overleve? Zackenberg har for eksempel senest oplevet store ændringer i forårsklimaet på meget kort tid.

Ved Zackenberg har tempera-

turen i juni måned stor betydning for dyr og planter, idet den sammen med mængden af sne er bestemmende for vækstsæsonens længde. Vækstsæsonen er den periode, hvor dyr og planter formerer sig og samtidig ruster sig til at modstå kommende vinters strabadser.

Siden man begyndte at måle temperaturen for juni måned ved Zackenberg og frem til 2008, er den i gennemsnit steget med mere end 1 °C per ti

år (figur 4). Dog svinger målingerne meget fra år til år. Nogle år ligger temperaturen under det gennemsnitlige og andre år ligger den over. Planter og dyr skal altså ikke kun være i stand til at klare ændrede forhold som følge af stigende gennemsnits-temperaturer, men også større variationer fra år til år.

Sammen med temperaturstigningen er der set et fald i mængden af sne såvel som is på søerne. Det betyder overordnet,

at starten af vækstsæsonen er rykket frem med ca. to uger, og dermed er vækstsæsonen forlænget godt 30 %. Nogle tal sætter det i perspektiv. Fra 2000 lå vækstsæsonen på omkring 6-7 uger og blev gradvis længere over årene indtil den i 2005 var omkring 8-9 uger. Siden 2005 er variationen i temperaturen steget meget. Den gradvise ændring på 30 %, vi så over 5-6 år, sker tilsyneladende nu fra år til år. Dyr og planter ved Zackenberg er altså udsat for utrolige store og hurtige ændringer i deres miljø. Kan deres biologi overhovedet følge med?

Arternes iboende elastik

Rigtig mange arter ved Zackenberg har udvist en imponerende evne til at justere deres biologi i forhold ændringer i klimaet. I perioden 1996-2005, hvor der skete en gradvis opvarmning af foråret ved Zackenberg, reagerede en række plantearter som f.eks. rypelyng (figur 5) og arktisk pil ved at blomstre op til 2-3 uger tidligere. Fremkomsten af insekter, herunder fluer, skete næsten en måned tidligere, og de gæstende vadefugle, som stenvenderen, startede æglægningen en lille uge tidligere, selvom trenden her ikke var signifikant. Efter 2005, med flere kølige forår, er der set en tilsvarende senere blomstring og fremkomst.

Flere arter har altså en iboende elastik i deres såkaldte fænologiske reaktion på ændringer i klimaet. En evne, der højst sandsynligt er opstået gennem tilpasning til tidligere tidsændringer i klimaet. Men ikke alle arter reagerer ens. Hvis arter, der er koblet i fødekæden, for eksempel planteædere og planter, reagerer fænologisk forskelligt på ændringer i klimaet, har det da konsekvenser for økosystemet? Potentielt ja. I Vestgrønland, hvor man har studeret timingen af kælvningen hos rensdyr og fremkomsten af deres planteføde, viser det sig, at mens planterne ligesom i Zackenberg reagerer prompte på ændringer i klimaet, så ligger kælvningstidspunktet mere fast for rensdyret – i hvert fald på

Arktiske træringe: en mulighed for at kigge tilbage i tiden

I Arktis findes pil og birk som dværgbuske. Størrelsen til trods bliver mange af dem over 100 år gamle. Som træer i Danmark afsætter de år efter år mørke og lyse ringe i veddet og danner et mønster af koncentriske cirkler, træringene. Ved at tælle antallet af træringe får man buskens alder, og ved at måle bredden af de enkelt træringe får man tal på, hvor meget busken har vokset de enkelte år gennem dens levetid. Og da væksten det enkelte år afhænger af klimaet, giver bredden af træringe et indeks for, hvordan klimaet har opført sig gennem buskens levetid. Denne metode, dendrokronologien, er blevet anvendt af forskere helt tilbage til omkring 1800-tallet.

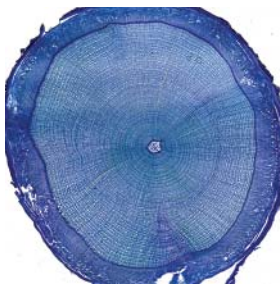
Af gode grunde har man oftest brugt større træarter til at studere træringe, da man bedre kan se og måle ringene. Det er



Mads C. Forchhammer indsamler grene fra blågrå pil (*Salix glauca*).

først for nyligt, at man har kastet sig over de uanseelige arktiske pile- og birkebuske. Ved at bruge en teknik, man kender fra tand-snitning, hvor man farver meget tynde snit af buskenes grene, er det lykkedes at afkode de arktiske dværgbuskes historier om

Foto: Mads C. Forchhammer



Tyndt, farvet tværsnit af birk (*Betula nana*) fra Nuup Kangerlua.

tidligere tiders vækst. I dag aflæses antal og bredde af træringe fra de farvede snit ved hjælp af computer. Er træringen bred har forholdende det år været gode. Er ringen smal, har vækstforholdene været dårligere. Så ved at indsamle pile- og birkegrene fra mange lokaliteter i Arktis kan forskerne med et enkelt snit få detaljerede informationer langt tilbage i tiden om planters reaktion på ændringer i klima.

kortere sigt. Alt andet lige, vil kalvene altså ikke have samme adgang til nyligt fremkommet planteføde, hvis det sker tidligere og tidligere som følge af et varmere klima. Konsekvensen kan på sigt være, at der opstår en tidsmæssig afkobling, kaldet et trofisk "mis-match", mellem planteæder og deres føde. Det kan have store konsekvenser for bestanden, da et lavere antal kalve og forringet overlevelse har været observeret samtidig med trofiske mis-match. På længere sigt kan sådanne forskellige skift i arternes fænologi ligeledes føre til store ændringer i den måde det terrestriske økosystem fungerer på.

Fremtidens arktiske økosystem

Arktisk økologi er under forandring og har egentlig altid været det. Dyr og planter har ikke kun skulle tilpasse sig sæsonmæssige kontraster, men også et klima, der til stadighed svinger. Fra vores undersøgelser ved Zackenberg og andre steder i Grønland, har vi fundet, at effekten af klimaændringer i selv forholdsvis simple økosystemer som de arktiske, kan være komplicerede. Effekter på

en enkelt art har det med at brede sig som ringe i vandet til mange af de andre arter i dens miljø.

Overordnet forventer man, at de arter, der reagerer mest, er dem, der er bedst rustede til at modstå større fremtidige ændringer i klimaet. Dette kræver dog, at der med deres evne til at reagere er koblet en økologisk fordel, der giver dem større chance for at overleve og sætte mere levedygtigt afkom i verden end dem, der ikke formår reagere på klima i samme grad. Det er et af de spørgsmål, som forskerne arbejder med. Det er vigtigt at forstå sådanne økologiske sammenhænge for at kunne sige, hvordan arktiske økosystemer vil se ud i fremtiden.

Data sammenholdes på kryds og tværs

Et andet centralt spørgsmål, som forskerne arbejder på at besvare, er hvor meget klimaet kan spænde det arktiske økosystems ideoende "fænologiske elastik" før det ændrer sig markant. Forskere er enige om, at der findes en grænse for, hvor store klimaændringer et økosystem kan holde til og stadig forblive intakt. Hvor denne grænse

går, afhænger ikke kun af de enkelte arter, men i høj grad også af, hvordan og hvor meget de vekselvirker med deres miljø i økosystemet. Derfor er det nødvendigt at sammenholde den forskning og monitorering, der foregår på Zackenberg med studier andre steder i Arktis. Kun på den måde kan vi opnå en større forståelse for, hvad klimaændringer betyder for arters økologi.

Ved det nye Grønlands Klimaforskningscenter, der ligger på Grønlands Naturinstitut i Nuuk, samler man nu en masse data om klimaets indflydelse. Ud over deres arbejde i felten, samler forskerne i store database forskellige typer af informationer fra tidligere tiders klimaændringer. Sådanne data har bl.a. vist sig at komme fra små pile- og birkebuske, hvor træringene år for år kan fortælle om, hvordan klimaet påvirkede planters vækst for over 100 år siden. Disse data, monitoreringen i Zackenberg samt mange andre informationer vil i løbet af de næste år blive brugt til bedre at forstå og beskrive arktiske arters økologi på tværs af de forskellige miljøer, der eksisterer i Grønland og Arktis. ■

Om forfatterne



Mads C. Forchhammer er professor. mcf@dmu.dk.



Niels M. Schmidt er seniorforsker. nms@dmu.dk



Lars O. Mortensen er phd-studerende. laom@dmu.dk



Jacob Nabe-Nielsen er seniorforsker. nabe@dmu.dk

Alle ved Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Aarhus Universitet. Alle er desuden affiliert ved Grønlands Klimaforskningscenter (GCRC).

Videre læsning

Naturen og klimaændringer i Nordøstgrønland af Mads C. Forchhammer, Hans Meltofte og Morten Rasch. Aarhus Universitetsforlag (2009)

Ecological Dynamics across the Arctic associated with recent climate change af Eric Post, Mads C. Forchhammer og andre. Science, vol. 325, 1355-1358. (2009)

Greenland Ecosystem Monitoring (GEM): www.g-e-m.dk.

Grønlands Klimaforskningscenter (GCRC): www.natur.gl/index.php?id=663

To Facebook sider: Søg efter "Greenland Ecosystem Monitoring" eller "Projekt 6502".