



***Forskningsstation  
Zackenbergl  
i Nordøstgrønland***

***– ti års undersøgelser  
af klimaet, plante- og  
dyrelivet***



Udgiver:  
Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet,  
i samarbejde med Dansk Polarcenter, Forsknings-  
og Innovationsstyrelsen, samt Klima- og Energiministeriet

Tekst: Hans Meltofte

Fotografer:  
Thomas B.G. Berg, Hanne H. Christiansen, Mads C. Forchhammer,  
Toke T. Høye, Ko de Korte, Bruce McAdam, Hans Meltofte,  
Niels M. Schmidt, Charlotte Sigsgaard og Erik Thomsen

Grafisk tilrettelæggelse: Kathe Møgelvang, Juana Jacobsen  
Grafisk værksted, DMU

Udgivet: November 2008

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

Udgivet både på grønlandsk og dansk og kan hentes på adresserne:

[www.dmu.dk/pub/div\\_mel\\_zack\\_gl.pdf](http://www.dmu.dk/pub/div_mel_zack_gl.pdf)

[www.dmu.dk/pub/div\\_mel\\_zack\\_dk.pdf](http://www.dmu.dk/pub/div_mel_zack_dk.pdf)

Hæftet er udarbejdet på grundlag af forskningsresultater  
præsenteret i bogen:

"High-Arctic Ecosystem Dynamics in a Changing Climate.  
Ten Years of Monitoring and Research at Zackenberg Research Station,  
Northeast Greenland" (Redaktion: Hans Meltofte, Torben R. Christensen,  
Bo Elberling, Mads C. Forchhammer og Morten Rasch), Advances in  
Ecological Research, Bind 40, Academic Press.



Hæftet er produceret med støtte fra



AAGE V. JENSENS FONDE







Nord for Scoresbysund bor der kun mennesker på nogle få vejrstationer og militære baser. Nordøst- og Nordgrønland udgør sammen med en stor bid af Indlandsisen verdens største nationalpark, men indtil Forskningsstation Zackenberg blev påbegyndt i 1995, foregik der ingen systematisk indsamling af viden om naturen og dyrelivet i nationalparken. Hvor natur og dyreliv er blevet fulgt gennem mange år i det beboede Vestgrønland, kendte vi derfor ikke ret meget til variationer fra år til år i naturen og i dyrelivet i Nordøstgrønland. Vi kendte heller ikke til effekterne af de mere langsigtede ændringer af klimaet, som altid er sket, og som forventes at få et væsentligt omfang i Nordøstgrønland i fremtiden.

Da de menneskeskabte klimaændringer blev alment kendt i løbet af 1980'erne, var der derfor en gruppe forskere, som tog initiativ til etablering af en forskningsstation i nationalparken. Dansk Polarcenter tog ideen op og gjorde en sådan forskningsstation til et af sine væsentlige indsatsområder. Zackenberg nær Slædepatruljen Sirius' base i Daneborg blev valgt som det bedste sted, og med støtte fra især Kommissionen for Videnskabelige Undersøgelser i Grønland, Miljøstyrelsen, Grønlands Hjemmestyre, Københavns Universitet, Danmarks Miljøundersøgelser og Asiaq har der nu været arbejdet i Zackenberg i mere end 10 år.

Arbejdet består i hvert år at registrere mere end 1500 parametre i økosystemet, dvs. alt fra vandføring og sedimenttransport i elvene til blomstring hos planterne, tidspunktet for æglægning hos fuglene og kalveproduktion hos moskusokserne. Hertil kommer en lang række mere dybgående forskningsprojekter. Resultaterne er nu publiceret i en 580 siders bog, der er udgivet på engelsk af Academic Press i New York. I dette hæfte præsenteres de vigtigste resultater.

## Forskningsstation *Zackenberg*





## Nordøstgrønlands placering i *Højarkt*

Arktis har navn efter det græske ord for stjernebilledet Store Bjørn – *Arktikós* – nær Nordstjernen. Det er landet nord for trægrænsen, hvor der er tundra. Tundra kommer af finsk – *tunturi* – som betyder land uden træer. Her er gennemsnitstemperaturen for den varmeste måned under 10-12 graders varme.

Arktis opdeles yderligere i en højarktisk og en lavarktisk zone. I den lavarktiske zone er der ofte frodigt med buske og andre planter i knæhøjde, mens der i den højarktiske zone kun er planter i ankelhøjde, og her når middeltemperaturen for den varmeste måned normalt ikke over 6 graders varme. Yderligere falder der langt mindre sne i Højarkt. På sydspidsen af Grønland falder der således 100 gange så meget nedbør som i det nordligste Grønland, hvor der nærmest er ørkenklima med kun 25 mm nedbør pr. år.



Hele Vestgrønland er lavarktisk, mens Nord- og Nordøstgrønland og dermed hele nationalparken er højarktisk. Grunden til, at Nordøstgrønland er højarktisk, er, at Storisen ofte ligger i et flere hundrede kilometer bredt bælte ud for kysten. I perioder med meget Storis er der tørt kontinentalt klima i Nordøstgrønland, mens der i perioder med mindre Storis er maritimt klima med meget sne om vinteren og meget tåge om sommeren. Mængden af Storis, der driver ned langs Østgrønlands kyst er således helt afgørende for klimaet i Nordøstgrønland.





Ikke alene er der kun helt lav vegetation i Nord-østgrønland, men der er også store områder, hvor sneen blæser væk om vinteren, og som er så tørre, at der næsten ikke er nogen planter. Det er nøgne grus- og stenflader og skråninger. Ellers er der fjeldhede ofte med et smukt blomsterflor af fjeldsimmer, kantlyng, fjeldvalmuer og purpurstenbræk. I lavninger og på skråninger, som overrisles af store smeltende snefaner hele sommeren, er der kær og græsland.

Takket være det stabile kontinentale klima er der både lemminger og moskusokser i højarktisk Grønland. Hvor moskusokserne i Vestgrønland er flyttet dertil af mennesker, er okserne i højarktisk Grønland selv indvandret fra Canada. Både lemminger og moskusokser er helt afhængige af stabilt vinterklima uden længere tøvejrperioder.

Hvis sneen smelter, og det fryser igen, dannes der islag i sneen og på vegetationen, så lemminger og moskusokser ikke kan komme til de planter, som de lever af. Derfor har moskusokserne været uddøde i store områder mange gange i historien.

Ellers domineres dyrelivet i høj grad af tundraens vadefugle samt gæs, kjoer og snespurve. De trækker alle væk om vinteren, hvor der kun er ryper, ravne og sneugler tilbage i vintermørket og kulden, der ofte når minus 25-35 grader.



## Højarktisk *plante- og dyreliv*



# Zackenberg's *klima* nu og i fremtiden

Halvfems procent af nedbøren i Zackenberg falder som sne under vinterens snestorme, og nedbøren er tiltaget i løbet af de sidste 50 år. Også temperaturen er steget, og gennem de sidste 100 år har de fem varmeste år alle været indenfor de seneste 10 år.

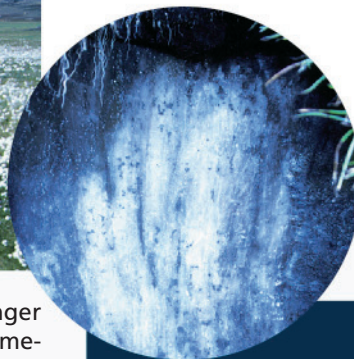
I fremtiden forventes temperatur og nedbør at stige endnu mere, fordi Storisen ud for kysten bliver af meget mindre udstrækning under et varmere klima. Resultatet er, at klimaet i Nordøstgrønland kan blive lavarktisk med meget mildere vintre ligesom i Sydøstgrønland, mens temperaturen i de få sommermåneder måske ikke vil ændre sig så meget. Sammenlagt forventes det, at antallet af dage med positive middeltemperaturer vil øges fra de nuværende ca. 80 til ca. 110 efter år 2050, ligesom nedbøren vil stige med omkring 60 procent. Det vil fuldkommen ændre levevilkårene for dyr og planter i Nordøstgrønland.

Kombinationen af mere sne og højere forårstemperaturer vil resultere i stort set uændret gennemsnitligt tidspunkt for snesmeltningen, men variationen fra år til år vil blive betydeligt større. Og i områder, hvor vinden stuver sneen sammen, vil snesmeltningen ske 2-3 uger senere. Da tidspunktet for snesmeltningen er en af de vigtigste faktorer for mange naturlige processer i det højarktiske miljø, vil det være med til at ændre levevilkårene for planter og dyr.

De forventede klimaændringer er så store, at det er meget svært at forudsige, hvordan de enkelte arter og økosystemer vil reagere, så vi tør kun udtale os om, hvad der kan tænkes at ske indenfor de nærmeste årtier.







Ifølge vores beregninger – for der er ingen, der har lavet boreriger ved Zackenberg – er jorden frosset ned til mellem 200 og 400 meters dybde. Kun de øverste 45-80 cm – det såkaldte aktivlag – tør op om sommeren. Denne dybde, hvortil jorden smelter hver sommer, er imidlertid øget siden vi begyndte undersøgelserne i 1995. I fremtiden vil jorden tø endnu dybere, og der vil derfor formentlig blive flere jordskred og anden erosion. I disse år transporterer Zackenbergelven op mod 40.000 tons mudder pr. år ud i fjorden Young Sund, men nogen år kan der blive skyllet lige så meget ud på få dage, som der andre år bliver skyllet ud på en hel sommer. En årsag til sådanne ekstreme vand- og sedimentafstrømninger kan være gennembrud af isdæmmede søer ved gletschere i baglandet, hvor alt vandet så løber ud på én gang.

Flere hundrede  
meter tyk  
*permafrost*

En dybere optøning af permafrosten om sommeren vil give planterne adgang til flere næringsstoffer i jorden, hvilket kan føre til frodigere vegetation og mere udbredt plantedække som følge af den forøgede nedbør. Men den øgede snemængde vil formentlig også medføre ændret fordeling af plantesamfundene med større områder med en fattig vegetation under sent smeltende sne. Nye plantearter kan også forventes at indvandre sydfra, efterhånden som forårsklimaet bliver mildere, mens andre kan forsvinde.

Ændret fordeling af  
plantesamfundene





# Plantevækst og blomstring styres af snesmeltingen

Modsat sydligere breddegrader, hvor der er mange planter, som kun lever en enkelt sommer, og så formerer sig ved frø, så er næsten alle planterne i Arktis flerårige, ja mange lever endda i flere hundrede år. Den korte arktiske sommer, som ofte kan være så barsk, at planterne ikke når at sætte frø, betyder, at der kan gå år imellem, at planterne formerer sig. Frøene er også helt nødvendige for at planterne kan sprede sig og kolonisere nye områder. Tidspunktet for snedækkets bortsmeltning kombineret med temperaturerne er helt afgørende for, hvornår plantevæksten kommer i gang og dermed for, hvornår planterne blomstrer.



Da sneen først smelter i løbet af juni, hvor Solen står højest på himlen, så har det stor betydning, hvor tidligt planterne kommer i gang. Jo tidligere de kan påbegynde væksten og blomstre, jo mere gavn har de af Solens maksimale kraft. Og jo tidligere, de kan blomstre, jo tidligere udvikles frøene. I år med sen snesmelting er der mange planter, der ikke når at færdigudvikle frøene.

Da vækstsæsonen i Højarktis er så kort, udvikler planterne deres blomsterknopper året inden blomstringen, så de er parate til at springe ud, så snart sneen er væk. Derfor er sommertemperaturerne året før af stor betydning for, hvor mange blomster, de enkelte plantearter sætter. Nogle år kan fjeldhederne f.eks. være hvide af kantlynghblomster, mens der i andre år er meget få blomster.





Myg er som bekendt en plage overalt i arktiske områder, men der er andre insekter, som forekommer i langt større mængder. Det er især dansemyg, som ikke stikker, men som trives overalt, hvor der er fugt nok til, at deres larver kan trives blandt døde plantedele på tundraen. Også edderkopper forekommer i meget store mængder.

Fremkomsten af flyvende insekter om foråret og kulminationen om sommeren er helt afhængige af tidspunktet for snesmeltningen, ligesom det er tilfældet for planternes vækst og blomstring. Det betyder, at der er stor forskel på insekternes fremkomst i forskellige områder i relation til, hvornår sneen forsvinder.

Hvis klimaet ændrer sig som forudsagt, vil vi derfor se store ændringer i insekternes og de andre leddyr's forekomst i fremtiden, hvor tidspunktet for snesmeltningen vil blive meget mere variabel. I de områder, hvor der vil ske en forøgelse af sneens tykkelse, kan det tænkes, at mange arter helt vil forsvinde. Til gengæld vil vegetationen kunne brede sig ud over andre områder, hvor sneen vil forsvinde tidligere end i dag, så insekterne vil få nye levesteder.

Tidspunktet for isens smeltning og længden af den isfrie periode er også helt afgørende for livet i søer og damme. Mængden af alle de mikroskopiske alger samt de mange smådyr i søerne styres af, hvor tidligt isen forsvinder, samt af hvor mange næringsstoffer, der vaskes ud i søerne under snesmeltningen. Hvis de forøgede snemængder under et fremtidigt klima resulterer i, at søerne bliver senere isfri, så vil produktiviteten i søerne blive reduceret. Men mere sne vil også betyde, at der udvaskes flere næringsstoffer til søerne, så resultatet er uvist.



***Insekterne***  
er stærkt afhængige  
af snesmeltningen

***Søerne***  
er meget følsomme  
overfor ændringer i  
sne- og isdækket



# Lemmingerne i risikozonen i fremtiden

Mere plantevækst og dybere sne om vinteren vil gavne lemmingerne, som bygger deres vinterreder under sneen, så de er bedre beskyttede mod polarrævene. Længden af perioden med et egentligt snedække er således vigtigt for lemmingernes trivsel. Det er en af forklaringerne på de meget voldsomme variationer i antallet af lemminger fra år til år, som kendes næsten overalt i Arktis. Antallet af lækatte har vist sig at være en anden meget væsentlig faktor i Nordøstgrønland. Lækatten er specialist i at jage lemminger og ligeså afhængig af sneen om vinteren som lemmingen. Den er lille nok til at kunne forfølge lemmingerne i deres gange under sneen, og en lækat flytter ofte ind i en lemmingrede, efter at den har ædt alle beboerne.

Det stærkt forøgede antal dage med tøvejr i fremtiden vil dog have den stik modsatte effekt af den øgede snemængde, idet lemmingerne risikerer at dø ud over store områder i vintre med voldsomt tø. De vil dermed miste det beskyttende snelag, ligesom der vil dannes islag i sneen og på jorden, som kan forhindre lemmingerne i at nå vegetationen.

Hvis lemmingerne forsvinder, vil de rovdyr, der er afhængige af lemmingerne, også forsvinde eller aftage betydeligt i antal. Foruden lækattene gælder det især den lille kjove, som stort set kun får unger på vingerne i de år, hvor der er mange lemminger. Kjoerne møder trofast op hvert forår fra deres overvintringsområder i det sydlige Atlanterhav, men ligesom sneuglerne lægger de kun æg i år, hvor der er tilstrækkeligt med lemminger, til at de kan opretholde deres egen kropsvægt og opfostre unger.







## ***Moskusokserne også truede***

Moskusokserne vil også have gavn af en øget plantevækst i fremtiden, men ligesom for lemmingerne, vil øget forekomst af tøvejr om vinteren være en alvorlig trussel mod bestanden. I den tid, hvor vi har kendt til forholdene i Nordøstgrønland, er moskusokserne således næsten blevet udryddet flere gange i store dele af landet, når overisninger har 'glaseret' landskabet og vegetationen med is, så moskusokserne ikke har kunnet komme til føden, og derfor er døde af sult.





# *Fuglenes ynglesucces* styres af insekter, snesmeltning og prædation



Vadefuglene er den dominerende fuglegruppe på tundraen, både hvad angår antallet af arter, og hvad angår de totale tætheder af fugle. Efter det lange træk fra overvintringsområderne i Vesteuropa og Vestafrika, som kan bestå af flere tusinde kilometers nonstop flyvning i 2-4 kilometers højde, ankommer de omkring 1. juni til en tundra, hvor de snefrie arealer ofte kun udgør små pletter. Her er hunnerne helt afhængige af mængderne af insekter og edderkopper for at kunne opbygge de ressourcer i kroppen, som skal sætte dem i stand til at lægge et kuld æg, der ofte vejer lige så meget som fuglen selv. Det betyder, at mængden af denne føde styrer, hvor hurtigt efter ankomsten, de kan lægge æggene. I år med udbredt snedække kan sneen imidlertid overtage den afgørende rolle for æglægningstidspunktet, og æglægningen kan i snerige år være forsinket i op til 2-3 uger. I sådanne år klækker ungerne tilsvarende senere, og de har dermed mindre tid til at vokse sig store og stærke, inden de i en alder af kun 6-10 uger skal ud på det lange træk til overvintringsområderne.

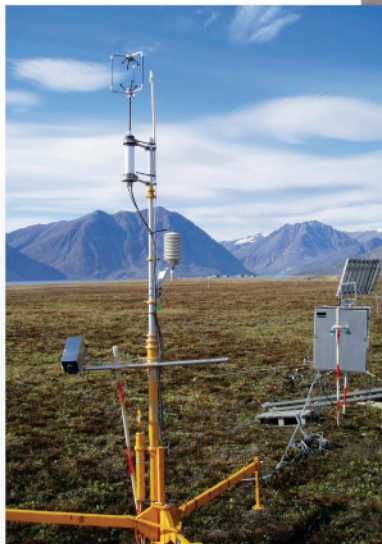
Inden da vil rovdyrene – især polarrævene – have ædt mindst halvdelen af æggene, og ræve og kjoer vil i fællesskab have gjort et tilsvarende indhug i antallet af unger. I år med mange ræve går det derfor hårdt ud over vadefuglenes æg og unger.

Snedækket er også af stor betydning for de totale bestandsstørrelser, fordi mængden af snefri vegetation styrer fødemængden og dermed hvor mange fugle, der kan yngle i et givent område.

For dem alle gælder, at de fremtidige klimaændringer vil vende op og ned på mange af de forhold, som de er afhængige af. Især vil de store år-til-år-forskelle i snesmeltningen udsætte dem for langt mere varierende ynglesucces end nu.







Kultveilte ( $\text{CO}_2$ ) er den luftart, som er årsag til det meste af den menneskeskabte drivhuseffekt. Vores afbrænding af kul, olie og gas frigiver en masse  $\text{CO}_2$ , som opblandes med luften i atmosfæren. Her virker den på samme måde som glasset i et drivhus, idet Solens kortbølgede stråler slippes igennem til jordoverfladen, mens en større del af den langbølgede varme-udstråling fra Jorden opfanges i atmosfæren bl.a. på grund af  $\text{CO}_2$ .

Men der er andre kilder til  $\text{CO}_2$  end afbrænding af fossile brændsler. Omkring 20% af det organisk bundne kulstof ved jordens overflade (dvs. kulstof i levende og døde planter mv.) findes i tørvelagene i arktiske områder. På grund af de lave temperaturer rådner de døde planter ikke, men ophobes i tykkere og tykkere tørvelag i moser og kær. Med fremtidens højere temperaturer kan disse tørvelag gå i forrådnelse, hvorved kulstoffet frigives som  $\text{CO}_2$  og sumpgas (metan,  $\text{CH}_4$ ). Højere temperaturer vil dog også betyde øget plantevækst, og under væksten optager planterne  $\text{CO}_2$ . Spørgsmålet er nu, hvordan balancen bliver mellem frigivelse af kultveilte ved forrådnelse og optag af kultveilte ved plantevækst?

Mængden af kulstof i de levende planter kulminerer oftest i juli, og det er også på det tidspunkt, at tundraen optager mest kultveilte. Snemeltningen er dermed en helt afgørende faktor for, om tundraen optager mere kultveilte, eller om der frigives kultveilte ved biologiske processer i jorden. Under de nuværende forhold optager tundraen i Nordøstgrønland mere  $\text{CO}_2$ , end der frigives, men dette kan meget vel tænkes at blive omvendt i fremtiden.

## Optager eller afgiver tundraen kultveilte?



## Forårets snedække og temperaturer er *nøglefaktorer*

De fleste forskere ankommer til Arktis, når sneen er væk, og planterne står i fuldt flor. Men på det tidspunkt er mange af de vigtigste processer i den arktiske natur for længst forbi. Vores undersøgelser gennem mere end 10 år i Zackenberg viser, at tidspunktet for snesmeltningen er langt den væsentligste faktor for det højarktiske økosystem. Tidspunktet og forløbet af snesmeltningen bestemmes af en kombination af vinterens snemængder, stormenes omfordeling af sneen og forårets temperaturer. Alle tre forhold vil ændre sig markant i fremtiden, idet de både er påvirkede af Den Nordatlantiske Oscillation og af udbredelsen af Storis udfor Nordøstgrønland.



Mængden af vinternedbør og dermed snedækkets tykkelse vil øges betydeligt i fremtiden, men samtidig vil forårstemperaturerne og dermed afsmeltningen stige, så de to faktorer måske vil udligne hinanden. Det er meget sandsynligt, at variationen fra år til år i blandt andet snedækket samtidig vil stige betydeligt, således at der vil blive væsentligt større forskel mellem år med tidlig snesmeltning og år med ekstremt sen snesmeltning. Især er effekten af længerevarende tøvejrperioder om vinteren og om foråret en ubekendt faktor, da sneen måske kan smelte bort i perioder allerede inden foråret indtræffer. Omvendt kan år med store snemængder og et koldt forår forårsage noget nær total mangel på forplantning hos mange planter og dyr. Alt dette betyder, at Nordøstgrønlands – og dermed nationalparkens – natur går store forandringer i møde.



På de foregående sider har vi set, at klimaændringer vil påvirke mange forskellige dele af økosystemet ved Zackenberg. Det betyder, at hele økosystemet vil ændre sig, fordi klimaet ikke kun påvirker en organisme alene, men også alle de andre, der lever i det samme miljø. Man kan sige, at klimaet kan påvirke den samme organisme på flere måder – både direkte f.eks. i form af temperatur og nedbør og indirekte via andre arter, som den f.eks. lever af.



Skematisk oversigt over, hvordan forandringer i klimaet får betydning for samspillet mellem rovdyr, byttedyr og planter.



## Hele økosystemet i Zackenberg vil ændre sig med klimaet

Fra Zackenberg ved vi, at dette er rigtigt. De sidste 10 års studier har vist, at megen sne om vinteren betyder, at flere moskusokser vil dø, og at de vil føde færre kalve, fordi de har svært ved at få fat i føden under sneen. Men fordi megen vintersne også forkorter planternes vækstsæson, vil disse ændringer også påvirke moskusokserne negativt. På den måde kan klima altså påvirke den samme organisme direkte og f.eks. indirekte gennem dens føde.

Dette gælder ikke kun for moskusokserne og deres planteføde, men for mange organismer i økosystemet ved Zackenberg, der lever af eller med hinanden. Og netop fordi klimaet ikke kun påvirker en organisme, men alt omkring den, vil et økosystem ikke kun komme til at se anderledes ud, men også fungere helt anderledes.

Mange forskere arbejder med at beskrive og forstå dette, og fordi man skal holde styr på så mange ting samtidig, er Zackenberg det bedste sted at undersøge det.



For at kunne undersøge effekterne af klimaændringer på natur, planter og dyr i Grønland er det nødvendigt med lange tidsserier af data på så mange elementer i økosystemerne som muligt. Derfor er der etableret to økosystem-observatorier henholdsvis ved Zackenberg i det højarktiske Nordøstgrønland og ved Kobbefjorden nær Nuuk i lavarktisk Grønland. Hvert sted arbejder 4-6 forskere hver sommer på at følge udviklingen i naturen, mens andre forskere går i dybden med særlige emner i den lokale natur.



Zackenberg er ældst, og herfra foreligger der nu så mange undersøgelser, at vi kan begynde at sige noget om, hvilke faktorer, der har størst betydning for økosystemernes, planternes og dyrenes trivsel.

I dette hæfte kan du læse om de vigtigste resultater, og om hvad der kan ske med naturen i verdens største nationalpark under de forventede klimaændringer, som formentlig vil blive særlig voldsomme i Østgrønland.

