



Utredning 2006-2

Effekter av klimaendringer på økosystemer og biologisk mangfold



Miljøsamarbeid



Naturområder
og arealbruk



Dyr og planter



Friluftsliv

Effekter av klimaendringer på økosystemer og biologisk mangfold

Utredning 2006-2

Utgiver:

Direktoratet for naturforvaltning

Dato:

April 2006

Antall sider:

62

Emneord:

Klimaendringer, økologi, natur, biologisk mangfold

Keywords:

Climate change, ecology, nature, biodiversity

Bestilling:

Direktoratet for naturforvaltning,
7485 Trondheim
Telefon: 73 58 05 00
Telefaks: 73 58 05 01
www.dirnat.no/publikasjoner

TE 1178

Refereres som:

Framstad, E., Hanssen-Bauer, I., Hofgaard, A., Kvamme, M., Ottesen, P., Toresen, R. Wright, R. Ådlandsvik, B., Løbersli, E. & Dalen, L. Effekter av klimaendringer på økosystem og biologisk mangfold. DN-utredning 2006-2.

Foto forside:

Bjørn Pedersen

Ekstrakt:

I løpet av de neste 100 årene forventes gjennomsnittstemperaturen i Norge å stige med 2.5 - 4.0 grader. Nedbøren vil øke over hele landet, spesielt vinter og høst og på Vestlandet.

Denne rapporten sammenstiller en del studier av klimaeffekter i Norge, samt trekker noen konklusjoner angående forventede endringer i fremtiden. I alle naturtypene forventes det forandringer. Observerte effekter knyttet til endringer i temperatur på land og i vann er bl.a. tidligere kjønnsmodning hos dyr, høyere produksjon og reproduksjon, tidligere knoppsprett, tidligere ankomst av trekkende dyr samt tidligere utvandring hos anadrome fisk og endringer i gyteområder for fisk i havet. Endringer i nedbør påvirker bl.a. avrenning av vann, partikler og næringsstoffer som igjen kan ha stor innvirkning, spesielt på kyst- og ferskvannssystemer. Endrede nedbørsforhold sammen med temperatur påvirker også snødekkets tykkelse og varighet samt isdannelse. Dyp snø er bl.a. vist å ha negativ effekt på visse dyrs bestandsvekst, varighet av snø påvirker vekstsesongen, og kraftigere isdannelse har f.eks. negativ effekt på beiteforholdene for reinsdyr. Derimot viser det seg at isdekke på elver har en beskyttende effekt på smolt om vinteren.

Generelt forventes de største klimaendringene - og kanskje effektene - å skje i Arktis. Det er imidlertid komplekse interaksjoner som avgjør hva slags effekter klimaendringer vil gi, og klima vil virke sammen med andre faktorer som f.eks. fysiske inngrep og forurensning. Naturen har en iboende treghet som gjør at visse endringer vil kunne motvirkes, mens kritiske terskelverdier for visse påvirkninger vil kunne føre til at store forandringer skjer raskt hvis slike terskelverdier overskrides.

Med bakgrunn i de forventede klimaendringene er det nødvendig at alle sektorer som har ansvar for natur- og ressursforvaltning, har en klimatilpasset strategi som tar hensyn til denne store variasjonen av endringer som vil kunne komme.

Abstract:

During the next 100 years the mean temperature in Norway is calculated to increase by 2.5 - 4.0°C. Precipitation may increase in the winter and autumn, and especially on the western coast.

This report synthesises a number of studies on climate effects in Norway, and draws some conclusions about the anticipated changes in the future. Changes are expected in all types of ecosystems. Observed effects related to changes in temperature on land and in water include earlier sexual maturity in animals, higher production and reproduction, earlier budding, earlier arrival of migrating animals and of emigrating anadromous fish, and changes in spawning areas for fish in the ocean. Changes in precipitation affect runoff of water, particles and nutrients, which in turn can affect freshwater and coastal systems. Changes in precipitation along with temperature also affect snowpack accumulation and also ice formation. Deep snow has a negative effect on population growth of some animals. Length of the snow-free season affects growth. Ice formation has a negative effect on the grazing possibilities for reindeer. In contrast, ice cover on rivers has been shown to protect young salmon during winter.

Generally, the largest climate changes - and possibly also effects - are expected to take place in the Arctic. There are, however, complex interactions which will determine the effects of climate change. Climate will act together with other factors, such as physical impacts and pollution. Nature has an inherent inertia which can delay change, and critical threshold values for certain impacts can lead to large changes if these threshold levels are crossed.

Hence, considering the expected climate changes, it is necessary that all sectors that are responsible for nature- and resource management develop a strategy adapted to climate which considers this large variation in changes that might come.

Forord

Klimaendringer er en av de store utfordringer som samfunnet vil stå overfor i de kommende årene. Endringer i klima vil kunne ha store konsekvenser både på miljø og samfunn, og Direktoratet for Naturforvaltning (DN) satte i 2005 i gang et prosjekt for å oppsummere kunnskapen om de økologiske konsekvenser klimaendringer i Norge forventes å ha, for at man framover på en enda bedre måte skal kunne inkludere klimaendringer i naturforvaltningen.

Det internasjonale klimapanelet (IPCC) ble etablert av Verdens Meteorologiske Organisasjon (WMO) og FNs miljøprogram (UNEP) allerede i 1988, slik at det potensielle problemet rundt en global klimaendring har vært kjent noen tiår allerede, særlig gjennom IPCCs hovedrapporter fra 1990, 1995 og 2001. IPCCs fjerde hovedrapport vil bli publisert i 2007. En del forskning har også vært gjort for å undersøke effektene av klimaendringer, og det pågår mye forskning fortsatt. Det finnes også en del internasjonale og regionale sammenstillinger av klimaeffekter, f.eks. Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) som utkom i 2005 i regi av Arktisk Råd. ACIA tar for seg hele det sirkumpolære arktiske området, men det har likevel manglet en oversikt som gjelder spesielt for Norge.

Denne rapporten forsøker å sammenstille eksisterende kunnskap om effekter av klimaendringer på arter og økosystemer samt sannsynlige klimaeffekter på hovednaturtypene i Norge. Rapporten trekker også noen konklusjoner om hvilke tendenser man kan forvente seg av endringer i fremtiden. Rapporten gir også en oppdatert oversikt over beregnede klimascenarier for Norge, inkludert regionale forskjeller i temperatur, nedbør og vind. Når det gjelder påviste effekter av klima i Norge, baserer rapporten seg i hovedsak på frivillig innsendt materiale fra forskergrupper i Norge. Den kan således ikke anses å gi en fullstendig oversikt over alle forskningsresultater som omhandler klimaendringer. Arbeidsgruppen som har utarbeidet rapporten, har bestått av syv forskere fra ulike forskermiljø og to representanter fra DN. I tillegg har Birgit Njåstad og Magnar Bjerga ved Norsk Polarinstittutt bidratt med innspill på kapittel om Arktis, og Bjørn Ådlandsvik ved Havforskningsinstituttet har skrevet avsnitt om klimascenarier i hav.

Arbeidsgruppen har bestått av:

Erik Framstad	Norsk institutt for naturforskning
Inger Hanssen-Bauer	Meteorologisk Institutt
Annika Hofgaard	Norsk institutt for naturforskning
Mons Kvamme	Lygheisenteret
Preben Ottesen	Folkehelseinstituttet
Reidar Toresen	Havforskningsinstituttet
Richard Wright	Norsk institutt for vannforskning
Else Løbersli	Direktoratet for naturforvaltning
Linda Dalen	Direktoratet for naturforvaltning

En åpen internettbasert database over de innsendte bidragene over forskning og forskningsresultater om klimaendringer er også laget. Denne databasen er tilgjengelig på:

<http://klima.dirnat.no/>

Trondheim, April 2006

Yngve Svarte

INNHOLDSFORTEGNELSE

Forord	3
1 Innledning	5
2 Klimascenarier for det 21. århundre	7
Beregning av klimascenarier	7
Temperatur	7
Nedbør	8
Skydekke	10
Snødekke.....	10
Vind.....	10
Atmosfærisk sirkulasjon og NAO.....	11
Klimascenarier for norske havområder	11
3 Økologiske effekter av klimaendringer i Norge	13
Fjell.....	14
Skog.....	19
Kulturlandskap	25
Myr	29
Ferskvann	31
Kyst.....	35
Hav	38
Arktis	42
4 Forventede endringer i fremtiden	46
5 Betydning for naturforvaltningen	49
Referanser	51
Oversikt over klimaeffekter innsendt til klimadatabase ved Direktoratet for Naturforvaltning	58
FJELL	58
SKOG.....	59
FERSKVANN	60
KYST	61
HAV.....	62
ARKTIS	62

1 Innledning

Naturen på jorden har alltid vært påvirket og blitt formet av klima, og klimaet har alltid vist store svingninger. Gjennom millioner av år har vi hatt en rekke såkalte "istidsperioder" med sykluser av istider og varmere perioder, såkalte mellomistider (Andersen 2000). Den siste istiden startet for ca. 115 000 år siden og sluttet for ca. 11 500 år siden. I senere del av denne istidsperioden vandret det inn dyr som var tilpasset det kalde klimaet, som for eksempel reinsdyr. Skjellettfunn av hval, sel og isbjørn viser at faunaen på norskekysten den gang ligner den vi i dag finner ved Spitsbergen.

Etter istiden steg temperaturen raskt, og det globale havnivået steg med over hundre meter på grunn av at de store innlandsisene som dekket Nord-Amerika og Eurasia, smeltet. Temperaturen nådde et maksimum for ca. 8000 - 6000 år siden, da gjennomsnittstemperaturen i Norge var 1-3 grader høyere enn den er i dag. I denne "postglasiale varmeperioden" vandret varmekjære trær som hassel, eik, alm og lind inn i landet, og skoggrensen lå høyere enn nå. Mye av det som i dag er fjell, var dekket med furu- og bjørkeskoger. Arter som hadde levd lavere ned, ble presset høyere opp på fjelltopper, eller døde ut.

Etter varmeperioden har det generelt blitt kaldere. Temperaturen har imidlertid gått i små sykluser (figur 1), og vi hadde også en periode som kalles "den lille istid" mellom ca. år 1450 og 1920, da klimaet var spesielt kaldt. De fleste isbreene i Norge vokste kraftig på begynnelsen av 1700-tallet. Nigardsbreen i Jostedal gikk fram 2800 m mellom 1710 og 1735, dvs. gjennomsnittlig rundt 110 meter i året (Nesje & Dahl 2003). Hovedårsaken til at breene vokste kraftig på den tid var ikke bare lavere sommertemperatur, men også en økt vinternedbør. Man tror at "den lille istid" sannsynligvis skyldes en kombinasjon av svakere solaktivitet og mange vulkanutbrudd (Grønås 2003). Alle disse forskjellige klimavariasjonene er eksempler på hvordan klimaet svinger naturlig og hvordan endringer i naturen skjer som følge av dette.

I løpet av de siste 100 år har den globale gjennomsnittstemperaturen økt med ca. 0.6 - 0.7 °C (IPCC 2001). I Norge har det vært en gjennomsnittlig temperaturøkning på 1.0 °C i perioden 1875-2004, selv om økningen har variert regionalt og det ikke har vært en jevn økning i temperatur over hele perioden (Hanssen-Bauer 2005). Mye av denne temperaturøkningen tilskrives økt innhold

av klimagasser i atmosfæren. Klimagasser i atmosfæren fører til at varmestråling fra jorda reduseres i atmosfæren, noe som fører til økt temperatur. CO₂ som slippes ut bl.a. gjennom forbrenning av fossilt brensel, er en av de klimagassene som har økt mye i løpet av det siste århundret og som bidrar til denne såkalte drivhuseffekten. Målinger viser at konsentrasjonen av CO₂ i atmosfæren har økt med ca. 30% fra førindustriell tid (1700-tallet) fram til i dag (IPCC 2001).



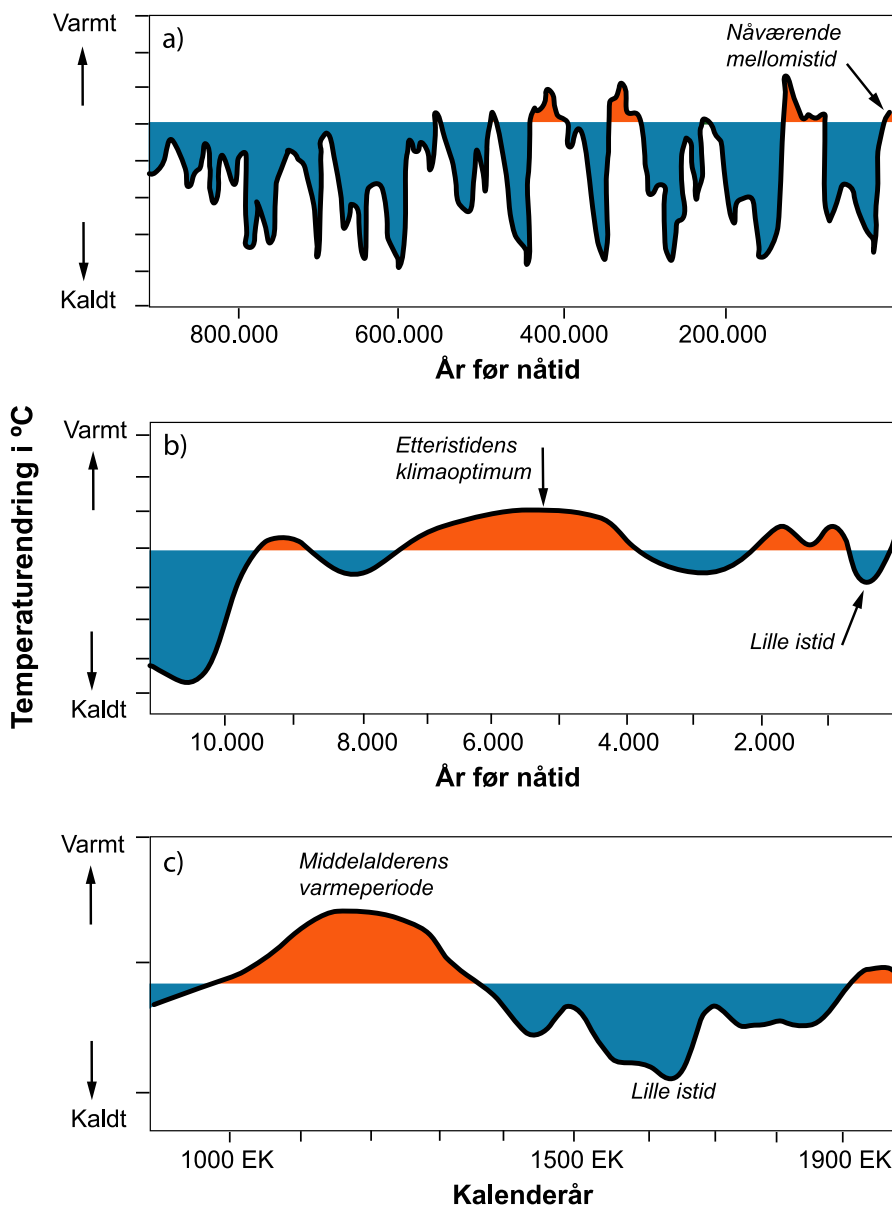
Hassel (øverst) og eik (nederst) er to varmekjære arter som vandret inn i landet i varmeperioden etter siste istid. Foto: Svein N. Norberg

Det diskuteres hvor mye av klimaendringene som foregår, som skyldes menneskelig påvirkning og utslipp av klimagasser, og hvor mye som skyldes naturlige svingninger. Det diskuteres også hvor store endringene blir. Men det er stor enighet om at det skjer klimaendringer og at klimaendringene vil fortsette det neste århundret, som et resultat av menneskeskapt utslipp av drivhusgasser. Spesielt med denne klimaendringen er at den forventes å gå veldig raskt. I løpet av det neste århundret forventes den globale temperaturen å øke med mellom 1.5 og 5.5 °C (IPCC 2001). I tillegg til endringer i temperatur påvirkes også nedbørsmønstre og vind. Mens det i noen deler av verden forventes mindre nedbør samtidig som det blir varmere, er det også områder der nedbøren vil

øke. For Norge er det viktig med mer detaljert kunnskap om hvordan klimaet vil endre seg. Det har vært jobbet mye med å modellere regionale endringer både i temperatur, nedbør og vind på land samt endringer i havet. I løpet av de siste årene har man fått mye bedre regionale klimamodeller som viser forskjellige endringer i ulike deler av Norge.

Siden klimaet har en så stor innvirkning på naturen, er klimaendringer i dag en av de store utfordringer som bl.a. forvaltere av norsk natur er nødt til å forholde seg til. Effektene av klimaendringer kan imidlertid være vanskelig å forutsi. Man har en god del kunnskap om hvordan naturen, til dels i samsvar med klimaet, har endret seg siden siste istid. Ofte bruker man tidligere endringer til å forutsi hva som kommer til å skje i framtiden. Forutsetningene for endring er imidlertid ikke de samme idag som for flere tusen år siden. Vi finner ikke de samme artene, og habitatene er ikke de samme. Mange forstyrrelser og inngrep i naturen

gjør at habitatene i dag er mye mer oppstykket og mindre sammenhengende enn før, og dette har bl.a. stor betydning i forhold til arters mulighet til å spre seg. På den andre siden følger det med globaliseringen en veldig omfattende og vidtrekkende transport av plante- og dyrearter, og mennesker reiser mye mer enn før. Mange arter kan derfor i dag spre seg over store distanser på mye kortere tid enn før. I kombinasjon med endret klima kan spredning av arter ha spesielt store konsekvenser. I tillegg forventes klimaendringene i fremtiden å skje svært raskt, noe som vil begrense arters evne til å tilpasse seg klimaendringene gjennom naturlig utvikling (evolusjon). Effekter av klimaendringer i dag vil derfor ikke nødvendigvis være de samme som de som har funnet sted før.



Figur 1. Temperaturforandring på nordre halvku­le de siste a) 900 000 år, b) 10 000 år og c) 1000 år. (Etter Gates 1993).

2 Klimascenarier for det 21. århundre

Beregning av klimascenarier

Klimascenarier for jordkloden beregnes ved hjelp av globale modeller, på bakgrunn av såkalte "utslippsscenarier" for drivhusgasser og partikler (IPCC 2001). Utslippsscenariene anslås etter antagelser om fremtidig utvikling når det gjelder befolkningsvekst, økonomi og teknologi (se tekstboks, IPCC 2000). De globale klimamodellene gir i store trekk realistiske temperatur- og nedbørforhold, men de har for grov romlig oppløsning til å beskrive lokalt klima for eksempel i Norge. Her presenteres derfor klimascenarier som er "nedskalert" i prosjektet RegClim (RegClim 2005). Både statistiske metoder og en regional klimamodell er benyttet til nedskalering (Hanssen-Bauer et al. 2003, Benestad 2004, Haugen & Iversen 2005).

Klimascenarier er beheftet med usikkerhet. Dette skyldes 1) at vi ikke vet hvordan utslippene av drivhusgasser og partikler vil variere i fremtiden, 2) at klimaet har naturlige uforutsigbare variasjoner og 3) at klimamodellene ikke er perfekte (RegClim 2005). Spredningen i resultatene fra forskjellige klimamodeller gir et bilde av usikkerheten, og resultater fra kombinasjoner av flere modellberegninger ligger ofte nærmere det observerte klimaet enn resultater fra en enkelt beregning. I de fleste figurene i dette kapitlet presenteres klimaendringer fra perioden 1961-1990 til 2071-2100, beregnet ved å kombinere resultater fra to klimamodeller (fra henholdsvis Hadley Senteret og Max-Planck Instituttet). Modellene er kjørt med det nokså moderate utslippsscenariet "B2" (IPCC 2000), og nedskalert med den regionale modellen HIRHAM (Haugen & Iversen 2005). Dette "HM-scenariet" settes i teksten inn i en bredere sammenheng.

Temperatur

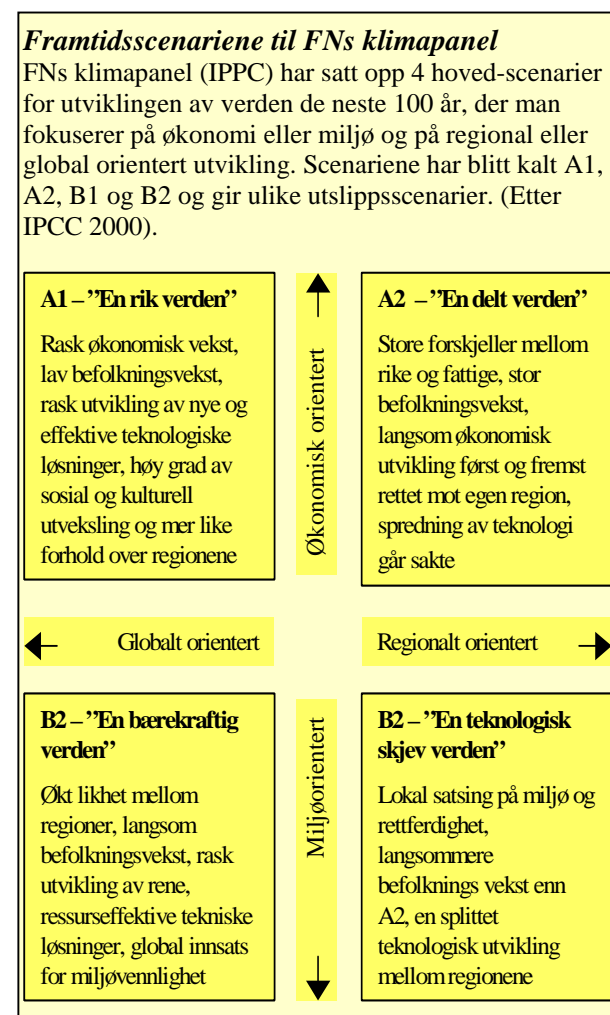
HM-scenariet gir i Norge på årsbasis en oppvarming på mellom 2.5 og 4.0 °C på 110 år (figur 2). Scenariet gir minst oppvarming i sydvestlige kyststrøk – størst i indre Finnmark. Det er typisk at klimascenarier for Norge på årsbasis viser større oppvarming i innlandet enn ved kysten og større oppvarming i nord enn i syd.

Scenarier for sesongtemperaturer viser at det geografiske mønsteret for temperaturøkning trolig vil variere gjennom året (figur 3, øverste rad).

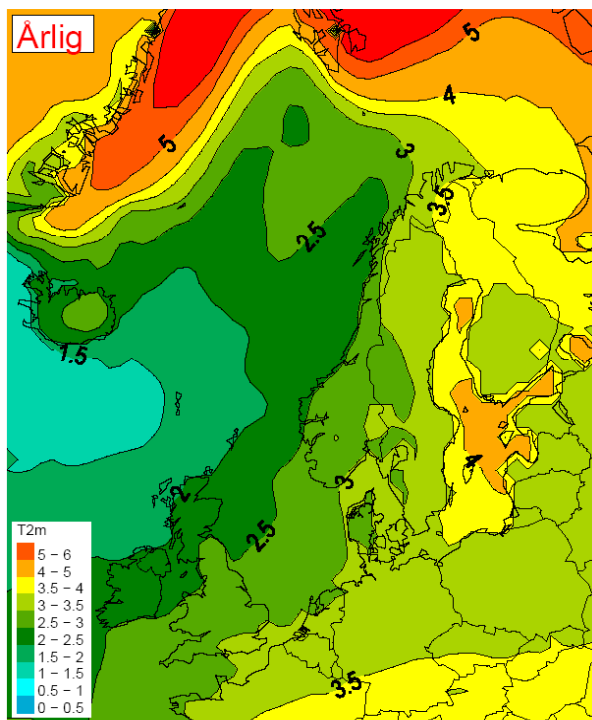
Vinter, vår og høst har det geografiske mønsteret likhetstrekk med det vi ser på årsbasis, men forskjellen i oppvarmingsrate fra sydvestlige kyststrøk til nordlige innlandsstrøk er størst om vinteren. Om sommeren viser scenariet størst temperaturøkning på Østlandet og minst langs kysten av Trøndelag/Nordland. Det er også regional variasjon når det gjelder hvilken årstid den største oppvarmingen beregnes. Helt i nord beregnes sterkest oppvarming om vinteren, mens det i andre landsdeler beregnes større oppvarming om høsten og/eller om våren. Scenariet gir i alle landsdeler minst oppvarming om sommeren.

Den regionale modellen gir få lokale detaljer, men resultater fra statistiske metoder tyder på at det særlig i innlandsstrøk kan bli forskjeller i oppvarmingsrater på frittliggende steder og i fordypninger i terrenget: Oppvarmingen kan om vinteren og våren skje raskere i dalførene enn i fjellet (Hanssen-Bauer et al. 2003). Oppvarmingsratene i figur 2 og 3 er mest representative for frittliggende steder.

På Spitsbergen gir scenariet mot slutten av århundret en økning på hele 5-6 °C i årsmiddeltemperatur.



peraturen, mest i nordøst (figur 2). Dette har å gjøre med at mye av sjøisen øst for Svalbard ifølge scenariet vil forsvinne, noe som har forsterkende effekt på oppvarmingen. På Spitsbergen kan oppvarmingen om vinteren komme opp i 1 °C per tiår, mens det om sommeren beregnes en temperaturøkning på ca. 0.3 °C per tiår.



Figur 2. Beregnet endring i årsmiddeltemperatur fra perioden 1961-1990 til 2071-2100.

Ekstremtemperatur

Et typisk trekk ved klimascenarier for Norge er at døgnet minimumstemperatur om vinteren de fleste steder beregnes å øke mer enn døgnet maksimumstemperatur om sommeren (RegClim 2005). Et unntak er visse områder på Sørlandet. HM-scenariet tilsier at vinterens døgntemperatur på 110 år vil øke med 2.5 til 5 °C, mens sommerens døgntemperatur vil øke med 1.5 til 3 °C i Norge.

Også antall døgn i året med ekstremtemperaturer over gitte grenser beregnes å øke. Antall vinterdager med minimumstemperatur over 0 °C beregnes å øke minst (0-4 dager per vinter) i innlandet nordpå og i fjellstrøk sydpå (dvs. områder som i dag har gjennomsnittlige vintertemperaturer langt under 0 °C), mens økningen beregnes å bli størst (>24 dager) langs kysten av Troms og Finnmark. Også langs resten av kysten og i fjordstrøk beregnes ganske stor økning (12-24 dager). Beregnet endring i antall sommerdager med maksimumstemperatur over 20 °C er minst (0-4 dager per

sommer) i et belte fra Hardangerfjorden og nordover inkludert mesteparten av Nordland. I Østfold beregnes en økning på mer enn 20 dager per sommer.

Vekstsesong

Det er ikke beregnet endringer i vekstsesong på grunnlag av HM-scenariet. Det er imidlertid beregnet endringer i termisk vekstsesong for gress ($T > 5$ °C) for Norge på grunnlag av et statistisk nedskalerte temperaturscenario fra 1961-1990 til 2021-2050 (Skaugen & Tveito 2004). Dette scenariet tyder på at vekstsesongen bare på disse 60 årene kan øke med 6 uker i kyststrøk nordpå og indre fjordstrøk på Vestlandet, mens økningen blir atskillig mindre (under 3 uker) i indre Finnmark og på deler av Østlandet. Det kan synes rart at beregnet økning i vekstsesong er størst i en del kyst- og fjordstrøk, mens størst temperaturøkning beregnes i innlandet. Økningen i vekstsesong er imidlertid ikke bare avhengig av hvor stor temperaturøkningen blir, men også av hvordan temperaturen varierer gjennom året i dagens klima. Vekstsesongen for gress kan øke raskt i områder som ved dagens klima har middeltemperatur like oppunder 5 °C i lange perioder om våren og høsten.

Nedbør

HM-scenariet gir i de fleste landsdeler en nedbørøkning på mellom 10 og 15 % gjennom det 21. århundre (figur 4). I enkelte innlandsområder beregnes imidlertid en økning på mindre enn 10%, og i visse kyst- og fjordstrøk beregnes en økning på 15-20 %. Det er mer variasjon mellom nedbørscenarier fra forskjellige modeller enn det er mellom tilsvarende temperaturscenarioer. Økt gjennomsnittlig årsnedbør over Skandinavia er likevel et trekk som går igjen i et flertall av modellene (Hanssen-Bauer et al. 2005).

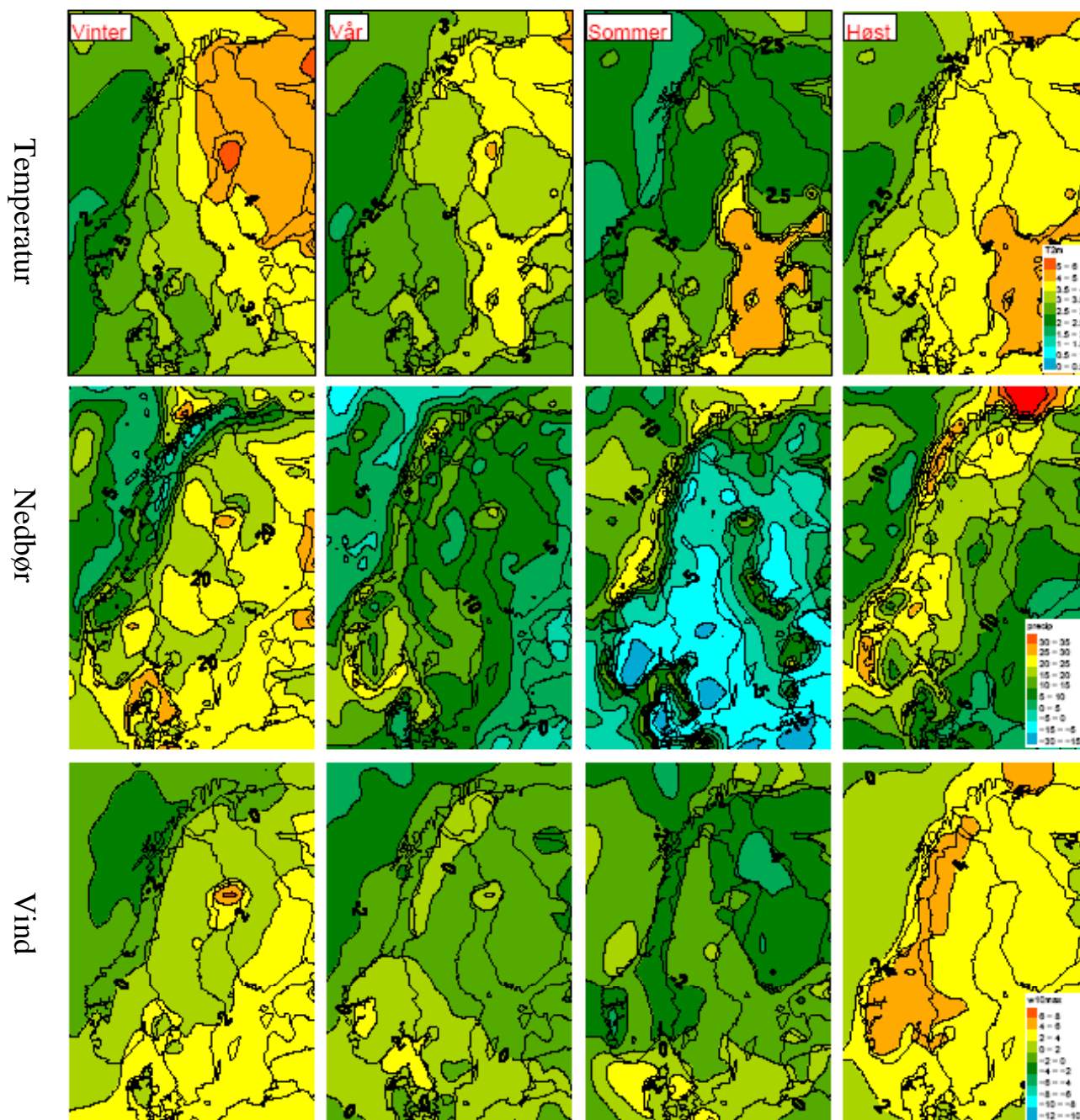
HM-scenariet gir store forskjeller fra årstid til årstid i beregnet nedbørendring (Figur 3, annen rad). Størst nedbørøkning (landsgjennomsnitt ca. 20 %) beregnes om høsten, skjønt beregningene viser økning også om vinteren og våren de fleste steder i Norge. Om sommeren beregnes i landsgjennomsnitt liten endring, men regionalt er bildet annerledes: I Nord-Norge beregnes en gradient fra små endringer i indre strøk til 15-20 % økning ved kysten, mens det i Syd-Norge beregnes redusert sommernedbør over store områder. På deler av Sørlandet og Østlandet beregnes en reduksjon på minst 15 %. Det er betydelige forskjeller mellom sesongscenarier fra forskjellige modeller. Et

typisk trekk er likevel en tendens til økt nedbør over Skandinavia i vinterhalvåret, men en tendens til mindre sommernedbør i deler av Syd-Skandinavia (Hanssen-Bauer et al. 2005).

På Spitsbergen gir HM-scenariet gjennom det 21. århundret en økning i årsnedbøren som varierer fra ca. 15% i sydvest til ca. 25% i nordøst (figur 4). En slik økning er sammenlignbar med den observerte nedbørøkningen i Longyearbyen fra målingene startet for drøyt 90 år siden frem til i dag. Minst nedbørøkning beregnes om sommeren.

Ekstremnedbør

HM-scenariet viser over hele landet, og spesielt på Vestlandet, en økning i antall dager med nedbør over 20 mm (RegClim 2005). Over store deler av landet, og spesielt på Østlandet, beregnes likevel også en økning i antall dager med oppholdsvær. Dette indikerer en økning i nedbørintensiteten under nedbørepisoder. Resultater fra statistisk nedskalering bekrefter at lignende resultater finnes i en rekke modeller. Flere modeller viser en tendens til hyppigere intense nedbørepisoder både vinter og sommer. Dette kan gi øket risiko for flom. En kombinasjon av mindre sommernedbør

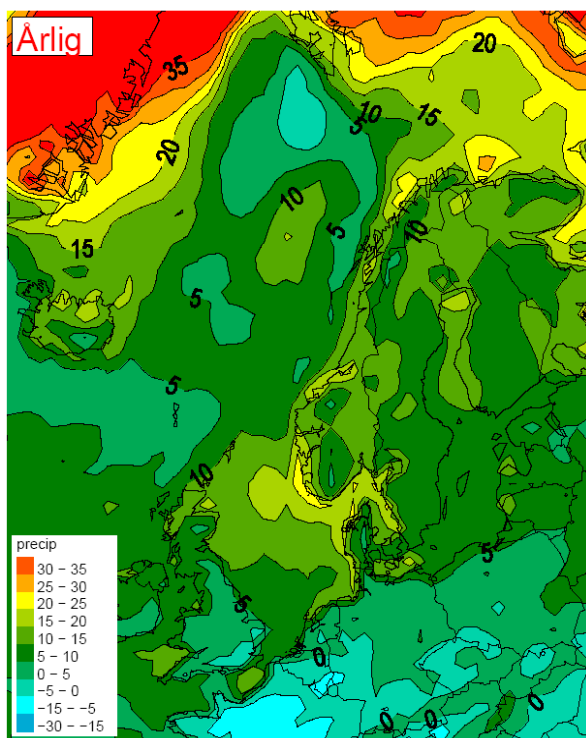


Figur 3. Beregnet endring i sesongmiddeltemperatur (øverst), sesongnedbør (midten) og sesongmidlet døgnlig maksimumvind (nederst) fra perioden 1961-1990 til 2071-2100.

og flere dager med oppholdsvær kan imidlertid også gi øket risiko for tørke på Østlandet.

Skydekke

Klimamodellene er i dag dårlig egnet til å beregne endringer i skydekke, og usikkerheten er derfor ekstra stor her. HM-scenariet gir ikke grunnlag for uttalelser om endringer i skyforholdene. Økt nedbør kan tyde på økt skydekke, men det er ikke nødvendigvis slik. Økt gjennomsnittlig intensitet under nedbørepisoder kan gi økt nedbør uten økning i skydekket. Vi kan dessuten få endring i utbredelsen av skytyper som ikke gir nedbør.



Figur 4. Beregnet endring i årsnedbør fra perioden 1961-1990 til 2071-2100.

Snødekke

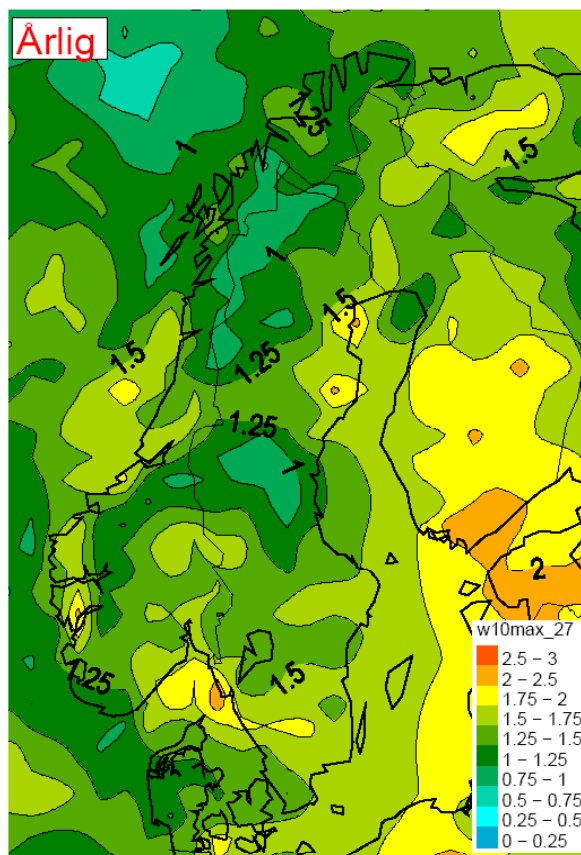
Lokalt snødekke avhenger av både temperatur og nedbørforhold. Foreløpige beregninger på bakgrunn av HM-scenariet tyder på at lengden av snøsesongen, så vel som vinterens maksimale snødybde mot slutten av det 21. århundret, vil avta overalt i Norge, og særlig i lavereliggende strøk. I enkelte høyfjellsstrøk og i indre Finnmark er det likevel mulig at vinterens maksimale snødybde i første halvdel av århundret vil øke på grunn av øket vinternedbør. En må likevel regne med at

snøen vil legge seg senere om høsten enn den gjør nå, også i disse områdene.

Vind

HM-scenariet gir svake signaler når det gjelder endringer både i gjennomsnittlig og maksimal døgnlige vindstyrke i Norge for alle årstider (figur 3, siste rad). Både vinter og vår ligger de beregnede endringene i maksimal døgnlige vindhastighet mot slutten av århundret innenfor $\pm 2\%$. Om sommeren beregnes fra ingen endring til en reduksjon på inntil 4% over det aller meste av landet, mens det om høsten beregnes en økning på 2-6%.

Resultater så langt tyder på at endringene i frekvensen av høye vindstyrker kan endre seg noe mer enn middelveiene. Det beregnes for eksempel en viss økning i frekvensen av døgn med vindhastighet > 15 m/s de aller fleste steder (RegClim 2005). En analyse av forekomsten av den vindhastighet som i perioden 1961-1990 har forekommet i snitt én gang per år, viser at denne vindstyrken mot slutten av århundret vil forekomme mellom 1 og 1.75 ganger per år de aller fleste steder i landet (figur 5).



Figur 5. Beregnet forekomst per år i perioden 2071-2100 av den vindstyrke som i 1961-1990 forekom 1 gang per år.

Atmosfærisk sirkulasjon og NAO

"Den Nord-Atlantiske Oscillasjonen" (NAO), er en svingning i lufttrykkforskjellen mellom Islandslavtrykket og Azorhøytrykket. Dette er en mye brukt indikator på atmosfærisk sirkulasjon over Europa om vinteren, antagelig fordi temperatur-, nedbør- og snøforhold kan knyttes til denne. Når trykkforskjellen er stor, får Norges vestkyst mye vinternedbør, vinteren blir mild i mesteparten av landet, og det blir gjerne mye snø i vestlige fjellstrøk, men lite i lavlandet. Mange klimamodeller indikerer en økning i NAO vinterindeksen gjennom det 21. århundre, men andre gjør ikke det. De fleste scenarier (inkludert HM-scenariet) ser imidlertid ut til å indikere en tendens til økning i den vestlige luftstrømmen over Norge gjennom det 21. århundre. Modellresultater tyder dessuten på at vi i Norge vil oppleve en økning både av vinternedbør og vintertemperatur enten NAO indeksen øker eller ikke.

Effekter på norske isbreer

Med en gjennomsnittlig økning av sommertemperaturen på 2.3 °C på Vestlandet, forventes en kraftig tilbakegang av isbreer i Norge. Dette til tross for at en forventer ca. 16 % økning av nedbør som snø. Med de scenarier som er beskrevet her, kan en forvente at 34 % av brearealet og 98 % av antall norske breer er smeltet bort innen år 2100. Sannsynligvis vil alle mindre breer forsvinne, og antall breer i Norge i 2100 anslås å bli så lavt som 28 – i mot de 1627 breene som man har i dag.

Kilde: Nesje et al. 2006.

Klimascenarier for norske havområder

På stor skala, både i rom og tid, er det en nøye sammenheng mellom klimautviklingen i havet og i atmosfæren. Klimamodellene tilsier en utvikling mot varmere klima både i atmosfæren og havet fram mot år 2100.

Den viktigste faktoren for havklimaet i våre områder er den Norske Atlanterhavsstrømmen, ofte populært (og feilaktig) kalt Golfstrømmen. Sammen med den generelle vestavindsdriften i atmosfæren bidrar denne til at vintertemperaturen i Skandinavia er omtrent 10°C varmere enn gjennomsnittet for breddegraden. Endringer i dette strømsystemet (jf. figur 6) vil derfor ha stor

betydning for klimaet.

Det atlantiske vannet har høy saltholdighet og ved avkjøling i de nordiske hav blir det svært tungt. Dette tunge vannet renner over terskelen mellom Grønland og Skottland og strømmer sørover i Atlanterhavet nær bunnen. For å kompensere dette må Atlantisk vann strømme nordover og inn i våre områder. Denne drivkraften for atlantehavsinnstrømmingen er en del av den termohaline sirkulasjonen. Dessuten utgjør vinden en viktig drivkraft.

Effekter på havisen i nord

Havis dannes når sjøvannet fryser. I løpet av de siste 30 årene har årlig gjennomsnittlig havis blitt redusert med 8 %, og havisutbredelsen om sommeren har minsket mye (15-20%). Utifra et scenarium med en fordobling av CO₂ i atmosfæren forventes temperaturen i Norskehavet og Barentshavet å stige med 1-2 °C. Varmere luft og mer vind fører til mer nedbør. Innen 2100 forventes de Arktiske havområdene å være nærmest fri for sjøis i sommerhalvåret, mens det ikke vil være store endringer i vinterisdekket.

Kilder: ACIA 2005; Bakketeig et al. 2005.

Det kommer fra tid til annen urovekkende meldinger om at klimaendringene vil bidra til en svekkelse av "Golfstrømmen" med tilhørende avkjøling av våre områder. Begrunnelsen er at økt tilførsel av ferskvann gjør vannet lettere, slik at produksjonen av dypvann i de nordiske hav begrenses. Med dette svekkes den "motoren" i den termohaline sirkulasjonen som trekker atlantisk vann inn i Norskehavet. Dette diskuteres fremdeles i faglitteraturen, se f.eks. Gammelsrød og Hjøllo (2005) for en populær innføring på norsk. De fleste klimamodellene viser en viss svekkelse av den termohaline sirkulasjon i det 21 århundre. Vinddraget på havet blir derimot opprettholdt og tildels styrket. Den generelle globale oppvarming i modellene er sterk nok til å overskygge virkningen av en redusert termohalin sirkulasjon. Framtidsscenarioene som beskrevet av RegClim-prosjektet, tilsier derfor at klimaet mot 2100 blir varmere. På lengre sikt er en kollaps av atlantehavsinnstrømmingen et scenarium med lav sannsynlighet, men som kanskje må vurderes likevel på grunn av store konsekvenser.

Endringer i havnivå

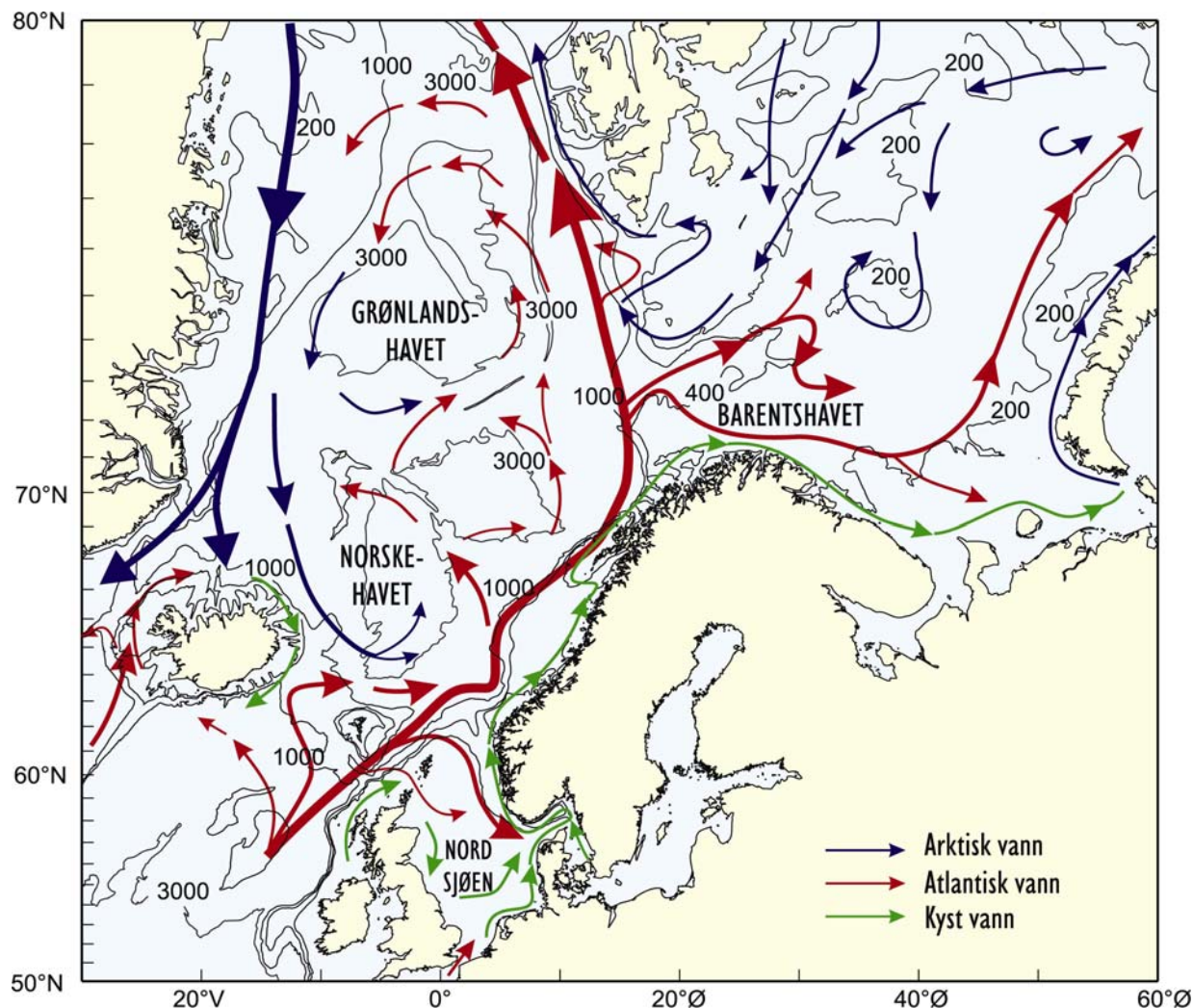
Med økende lufttemperaturer forventes store deler av isbreer samt permafrost å smelte. Samtidig utvides havvolumet etter hvert som havtemperaturen stiger. Alt dette fører til en økning i havnivå. Avhengig av hvilke utslipps-scenarier man bruker i modeller, så beregnes mellom ca. 10 og 50 cm økning av havnivå innen 2100.

Kilder: EEA 2004; Grønås 2005.

Stor økonomisk aktivitet i Norge er knyttet til sokkelhavene Nordsjøen og Barentshavet. Spesielt for fiskeri og petroleumsnæringen er også havklimaforholdene i vannsøylen og ved bunnen av interesse. Klimaet i disse randhavene avhenger sterkt av mengden og varmeinnholdet av de innstrømmende atlantiske vannmassene til hav-

området. Den storskala innstrømmingen fra Atlanterhavet til Norskehavet er selvsagt en viktig faktor for den mer regionale innstrømmingen til Nordsjøen og Barentshavet. I tillegg styres andelen av atlantehavsvann til randhavene i stor grad av de lokale vindforholdene. Endringer i vindretning regionalt kan dermed få stor betydning. De lokale værforhold er også viktig for den lokale varmeutveksling mellom havet og atmosfæren.

Dagens globale klimamodeller har for grov oppløsning til realistisk å modellere innstrømmingen til randhavene. Som en del av RegClim-prosjektet nedskaleres derfor modellresultatene også for hav. Dette gjøres ved å kjøre regionale havmodeller hvor atmosfæriske drivkrefter og randbetingelsene tas fra globale koblede atmosfære-hav klimamodeller. I løpet av 2006 vil dette gi klimascenarier for temperatur og innstrømming til randhavene.



Figur 6. Dybde og strømforhold i havområdene rundt Norge. Kilde: Havets ressurser og miljø 2005, Havforskningsinstituttet.

3 Økologiske effekter av klimaendringer i Norge

Klimaendringer påvirker økosystemer og biologisk mangfold direkte gjennom endringer i temperatur og nedbør, som igjen påvirker de fysiske forholdene til organismer. Endringene i temperatur og nedbør varierer over tid og mellom steder, og effektene av endringene vil også avhenge av komplekse interaksjoner mellom dem, f.eks. at temperatur og nedbør sammen påvirker vekstsesongens lengde. Økt temperatur og/eller mindre nedbør kan også øke brannfaren i noen områder. Ved ekstreme værforhold som storm og mye nedbør og flom kan en få direkte forstyrrelser av leveområder og organismer. Mer indirekte effekter av klimaendringer vil være endrede konkurranseforhold mellom arter når forholdene ellers endrer seg. Endrede CO₂-konsentrasjoner i atmosfæren regnes i denne sammenheng ikke som en klimaendring, men som del av den globale endringen.

Når det gjelder selve effektene av klimaendringene på økosystemer og biologisk mangfold, så kan det være hensiktsmessig å strukturere disse. For å si noe om på hvilken måte økosystemer og biologisk mangfold blir påvirket, kan effektene f.eks. deles inn i:

- effekter på fenologi (dvs. tidspunkt for ulike utviklingstrekk hos planter og dyr)
- effekter på fysiologien til organismer (f.eks. endret veksthastighet, produksjon eller kjemiske prosesser)
- effekter på demografi og populasjonsstørrelser (f.eks. endrede fødsels- eller dødstall)
- effekter på genetikk og evolusjon (f.eks. at organismer som overlever i en populasjon, er de som er tilpasset et endret klima)
- effekter på geografisk utbredelse (f.eks. at populasjoner flytter på seg, eller de blir mindre eller mer utbredt)
- effekter på økosystem- og samfunnsstruktur (f.eks. hvilke arter eller vekstformer som lever sammen, endrer seg)
- effekter på økosystemfunksjon (f.eks. endring i produksjon eller nedbrytning eller i næringscykluser)

Effektene av klimaendringer vil også manifesteres i større skala, f.eks. på landskaps- og vassdragsnivå.

Det er ikke alltid lett å dokumentere effekter av klimaendringer på disse forskjellige områdene. Noen ganger er det vanskelig å skille effekter av klima fra andre påvirkningsfaktorer. Likevel indikerer en rekke studier at klimaendringer påvirker eller kan påvirke økosystemene i våre forskjellige naturtyper.

Viktigste klimaendringer som påvirker de forskjellige naturtypene:

Fjell: temperaturøkning kan ha stor effekt på produksjon, og kan øke vekstsesongens lengde, kan også føre til mer isdannelse hvis snø smelter og fryser under lengre perioder rundt 0°C, balansen mellom mer nedbør som snø og høyere temperatur viktig for vekstsesongen, isbreer reduseres

Skog: økt sommertemperatur og vekstsesongens lengde viktig for produksjon, sommertørke på Østlandet kan være kritisk, høyere luftfuktighet spesielt på kysten kan være fordelaktig for moser, sopp og lav

Kulturlandskap: økt temperatur og lengre vekstsesong påvirker produksjon, kan øke allerede pågående gjengroing som skjer pga. endrete og opphørte driftsformer i landbruket

Myr: endringer i nedbør kan gi store konsekvenser på nedbørsmyr på sikt, sommertørke på Østlandet vil være kritisk, balansen mellom temperatur og nedbør er avgjørende for at myr skal eksistere

Ferskvann: økt temperatur og vind kan gi høyere vanntemperatur og endre sjiktning, endret temperatur og snødybde vil endre tiden for islegging og isgang, indirekte effekter av nedbør gjennom avrenning kan være viktig

Kyst: milde vintrer og mye nedbør er karakteristisk for kystklimaet i dag, slik at høyere temperatur og mer nedbør vil kunne øke utbredelsesområdet for typisk kystplanter og dyr, kysten er også spesielt utsatt for stormskader og heving av havnivå, og mer nedbør og mildere vintrer kan endre avrenningen fra land

Hav: spesielt utsatt for endringer i strømningsforhold ved endret temperatur, påvirker næringstilgang og produksjon

Arktis: spesielt utsatt for høyere temperatur og mer nedbør pga. at arter/naturtyper befinner seg i grenseområde for utbredelse samt de spesielle tilpasningene planter og dyr har til kaldt og tørt klima, og ingen andre plasser å spre seg til; tilbakegang av havis spesielt om sommeren, vil ha stor påvirkning i marine områder

Fjell

Områder høyere enn og/eller nord for grensen for potensielt sammenhengende skogdekke utgjør omtrent halvparten av Norges areal (utenom Svalbard). I denne sammenheng vil vi definere slike arealer på det norske fastlandet som fjell (dvs. alpin og nordlig tundra). Generelt er økosystemene i fjellet karakterisert ved enkle næringskjeder med få arter og langsom biologisk vekst og nedbryting. Ekstremt vær, snødekkets fordeling og varighet og svakt utviklet jordsmonn begrenser økologiske prosesser og arters livsmuligheter i fjellet.



Knutshøin, Dovre Foto: Lars Fuglevaag

Noen karakteristika for naturtypen fjell

- fjellet omfatter arealet over og/eller nord for grensa for sammenhengende skogdekke (m.a.o. både alpin og nordlig tundra); ofte inkluderes også sonen mellom skoggrensa og tregrensa
- fjellet deles ofte i 3 soner: lavalpin (fra skoggrensa og så høyt som det kan finnes sammenhengende lyng- og krattvegetasjon), mellomalpin (areal over lavalpin sone som fremdeles har sammenhengende vegetasjon), høyalpin (arealer over mellomalpin sone, uten sammenhengende vegetasjonsdekke)
- jordsmonnet i fjellet er forholdsvis velutviklet i lavalpin sone, noe som kan ha sammenheng med at denne sonen delvis var skogdekt i varmeperioden for 6000 år siden; i mellomalpin sone er jordsmonnet svakt utviklet, og det kan mangle helt i høyalpin sone
- gjennomsnittstemperatur for årets varmeste måned er lavere enn 10°C
- vekstsesong er kort, oftest mindre enn 150 dager
- det er stor variasjon i nedbør
- abiotiske faktorer som klima (temperatur, vind, snø), vanntilførsel, jordsmonn og berggrunn er viktige økologiske faktorer; biologiske interaksjoner er relativt mindre viktige
- økosystemene har lav primærproduksjon og langsom nedbryting
- det er enkle næringskjeder med få arter
- særlig lavalpin sone har vært utnyttet av mennesker i lang tid, og høstingsformene slått og beite gjennom setring har medvirket til skoggrensen

Påviste effekter av klimaendringer i Norge

Planter og vegetasjon

I løpet av de siste årene har det vært diskusjon om effektene av klimaendringer på fjellvegetasjonen i form av mulige storskala endringer av tregrensen, endrete høydelag for planter i feltsjiktet og framtidig mangel på vokseplasser for arter knyttet til høyalpin sone (Körner 1999). Forekomst av planter av ulike treslag over tregrensen har vært diskutert som et nytt fenomen forårsaket av klimaendringer, men slike planter forekommer naturlig både i sonen omkring tregrensen og høyere opp i fjellet og har alltid gjort det. Mengden av slike treplanter, deres fordeling i fjellet og deres vitalitet varierer over tid og styres av beitestrykket sommer (mest sauer og reinsdyr) og vinter

(mest hare og elg), samt av klimaets vekslinger, der vind og et beskyttende snølag er viktige styrende faktorer (Dalen 2004; Hofgaard 1997). Forekomsten av treplanter i sonen omkring tregrensen utgjør et naturlig grunnlag for rask endring av høydenivåene til skog- og tregrensene dersom styrende faktorer som klima og beitestrykk endres. Relativt store endringer har skjedd i områder som tidligere hadde intensiv seterdrift, først og fremst i sonen mellom skog- og tregrensene, der tresjiktet er tydelig fortettet med en markant heving av skoggrensen. Studier av tregrensens respons på klimaendringer langs den skandinaviske fjellkjeden (Dalen & Hofgaard 2005) viser store regionale forskjeller i løpet av 1900-tallet. Dagens høydenivå for tregrensen for bjørk i nord har sitt opphav i 1930-40-tallets gunstige klima (figur 7), men har ikke hevet seg

siden da. I sør har en viss foryngelse av bjørk skjedd i tregrensen, selv om tegnene på en klimatisk forårsaket heving av tregrensen ikke er spesielt sterke. Eksperimenter i de samme områdene indikerer likevel at vekstresponsen ved oppvarming hos småplanter av bjørk er sterkere i sør enn i nord, noe som kan skyldes forskjellige tilpasninger og genetiske ulikheter som gjør at planter i nord har mindre endringspotensiale enn planter i sør (Dalen 2004).

”Tregrensen stiger”

Det finnes en del observasjoner som tilsier at tregrenser i Norge har steget i løpet av siste del av århundret. Noe av denne økningen kan muligens tilskrives et varmere klima. Likevel er det opphør av tidligere utstrakt førsanking, gjennom høstingsformer som beite og slått i tre- og skoggrensen som er årsaken til det meste av fremgangen av trær i dette området. Den tradisjonelle seterdriften har lenge holdt skoggrensen lavere enn det en rent klimatisk skoggrense ville vært, og når seterdrift i fjellområdene i Norge har blitt redusert med ca. 90 % i løpet av 1900-tallet, så har også busker og trær fått vokse opp og etablert seg i store områder der de tidligere har blitt holdt nede. Klimaendringer kan likevel bidra til å øke denne gjengroingen.

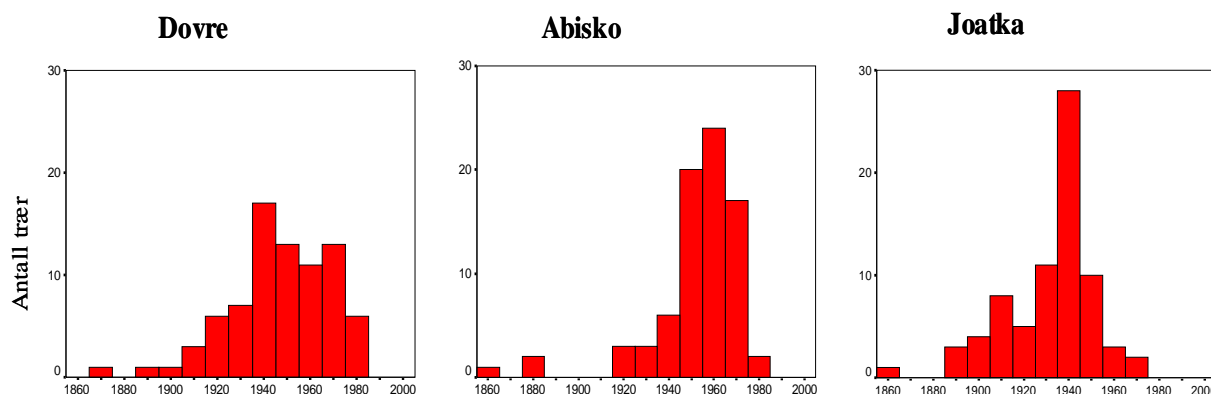
Kilder: Dalen & Hofgaard 2005, Olsson et al. 2000.

Forandringer i feltsjiktet må også ses i sammenheng med flere påvirkningsfaktorer, der klima og beitetrykk er viktige, men også naturlig suksesjon siden siste istid og økt nitrogennedfall i løpet av 1900-tallet. Til sammen har disse faktorene medført økt forekomst og forskyvning av høydenivåer oppover i fjellet for de mest vanlige artene siden 1930-tallet (Klanderud & Birks 2003). Høyfjellsarter har også i enkelte områder forsvunnet fra lavereliggende nivåer og har øket høyere oppe. Frekvensen av arter med stor betydning for andre arters voksestedsbetingelser (f.eks. arter som bidrar med beskyttelse mot vind og store temperaturvariasjoner, som forvedete arter som lyng og busker) har stor betydning for hvordan fjellfloraen responderer på endringer i klimaforholdene (Klanderud 2005; Klanderud & Totland 2005). Generelt viser fjellarter stor bredde i tilpasning til variasjoner i både sommer- og vintertemperaturer (Sætersdal & Birks 1997). De temperaturendringene som nåværende framtids-scenarier peker mot, kommer trolig ikke til å få en dramatisk effekt på de fleste fjellplantene.

Dyr

Selv om vi ut fra generell økologisk kunnskap om artene kan forestille oss hvordan ulike arter vil respondere på antatte klimaendringer, er det begrenset hva som er dokumentert av klima-effekter for dyr i fjellet i Norge. De få undersøkelserne vi har funnet, har sett på generelle effekter av klima som én av flere økologiske faktorer som påvirker artenes bestandsdynamikk og demografi.

Både fordeling, mengde og egenskaper ved snødekket påvirker beiteatferd hos rein og hvilke lavressurser den utnytter om vinteren (Heggberget et al. 2002). Hard og dyp snø fører til dårligere tilgang til energirik lav, noe som medfører svakere



Figur 7. Tidspunktet for etablering av tregrensetrær på Dovre, Abisko (nord Sverige) og Joatka (Finnmark). De aller fleste trærne i Joatka var etablert allerede på 1940-tallet etter varmeprosessen på 1930-tallet, og det har ikke vært mye nyetablering her. Noe mer nyetablering på Dovre og Abisko. Kilde: L. Dalen.

kalveproduksjon om våren. I Snøhettaområdet førte snørike vintre til en lavere kalveandel.

Undersøkelser av artssammensetning og bestandsutvikling for fugler i fjellet (og tilhørende fjellskog) er dokumentert i programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV). I de 5 overvåkingsområdene i fjellet (Møsvatn, Gutulia, Åmotsdalen, Børgefjell, Dividalen) har mengden av fugler knyttet til fjellskog, økt i mengde siden registreringene startet i 1993 (figur 8, Kålås 2005). Samtidig har mengden av fugler knyttet til åpne områder, vært nokså konstant. Dette kan tolkes som et uttrykk for at fugler tilknyttet fjellskog, har fått bedre livsmuligheter gjennom overvåkingsperioden som følge av tidligere start på hekkesesongen eller bedre forhold under hekkingen. Siden framgangen for arter i fjellskog ikke ser ut til å ha skjedd på bekostning av arter knyttet til åpne områder, er det ikke sannsynlig at framgangen for fugler knyttet til skog skyldes en eventuell økning i mengden skog – noe som kunne vært en indirekte klimaeffekt.

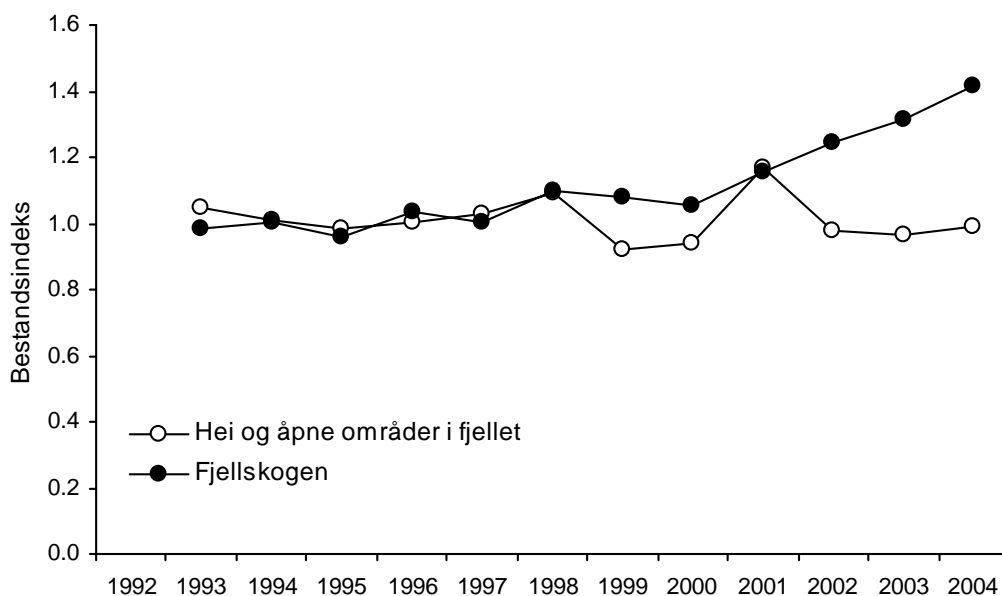
Smågnagere i fjellet viser ofte store og til dels regelmessige bestandsendringer, med topper med 3-4 års mellomrom. Det har opp gjennom årene vært gjort flere forgjeves forsøk på å knytte disse bestandsendringene til variasjon i ulike klimaforhold. Nyere analyser av bestandsendringer av

lemen på Hardangervidda (Finse) tyder på at det er et sammenfall mellom bestandsnivået og variasjonen i storskala værphenomener i det nordlige Atlanterhavet som kan sammenfattes i NAO-indeksen (Kausrud et al. under arbeid). Høy NAO-indeks gir mye snø om vinteren i fjellet, noe som påvirker kvaliteten på leveforholdene under snøen.

Økologiske konsekvenser

Siden organismer i fjellet i stor grad er begrenset av varmetilgangen i mark og luft, noe som også begrenser planteproduksjonen, vil endringer i temperaturen kunne ha stor effekt på økosystemprosesser og arters livsmuligheter. En temperaturøkning kan virke ved å gi en økning i vekstsesongens lengde, og høyere gjennomsnitts- og maksimumstemperaturer. Dermed kan vi få en høyere biologisk primær- og sekundærproduksjon og en raskere nedbryting. Men det er også sannsynlig at hyppigheten av frost tidlig i sesongen øker ved at vekstsesongen starter tidligere siden syklonaktiviteten da fortsatt er stor i Nord-Atlanteren og fører til kraftigere og mer frekvente vekslinger mellom kalde og varme perioder med økt risiko for frost.

Snøen er en viktig økologisk faktor i fjellet. Generelt, og særlig i lavereliggende områder, vil



Figur 8. Bestandsindekser for fugl som foretrekker fjellskog, og for fugl som foretrekker åpne naturtyper i fjell, basert på data fra 1000 faste tellepunkt i 5 overvåkingsområder i fjellet (Møsvatn, Gutulia, Åmotsdalen, Børgefjell og Dividalen). Bestandsindeksen er basert på summert antall observasjoner av alle aktuelle arter (fjellskogen: hakkespetter og spurvefugler som prefererer skog; åpne områder: vadefugl og spurvefugl som prefererer åpne naturtyper), og er gjennomsnitt av indeksene for disse 5 områdene. Kilde: Kålås 2005.

en temperaturøkning føre til at snødekket blir tynnere og varer kortere. Men samtidig vil snødekkets konsistens endres, trolig med større innslag av is. Dette vil gjøre forholdene under snøen annerledes og vil påvirke levetilstandene for planter og dyr under snøen. Trolig vil forhold som mer nedising om høsten og dårligere isolasjonseffekt av snødekket føre til dårligere overlevelse av både planter og dyr under snøen. Variasjon i nedbør og vindforhold kan også gi lokal økning i snødekket, dermed kortere vekstsesong, noen steder. Dette vil trolig være tilfelle i større grad i vestlige og nordlige enn i sørlige og østlige fjellstrøk.

Generelt kan det imidlertid ventes tidligere start og senere slutt på vekst- og reproduksjons-sesongen, noe som vil kunne gi høyere produksjon gjennom sesongen. På lengre sikt vil dette trolig føre til en spredning av arter fra lavereliggende/sørlige, varmere soner oppover og nordover.

Mengden av trær i sonen mellom skoggrensa og tregrensa har økt betydelig de siste 50 årene, noe som i hovedsak kan settes i sammenheng med opphør eller reduksjon av setring og annen utmarksbruk. En slik utvikling vil trolig fortsette over store fjellområder. Klimaendringene vil kunne gi et bidrag til en slik utvikling, selv om det ikke utgjør hovedårsaken. Over tregrensa kan det bare ventes langsom økning i forekomsten av trær (Dalen & Hofgaard 2005), noe som bl.a. er knyttet til dårlig utviklet jordsmonn i mellomalpin sone. Mengden av trær, busker og vedaktige lyngplanter vil ha stor innflytelse på andre plantearters beskyttelse mot vind, og store temperaturvariasjoner og vil dermed ha betydning for hvor raskt andre plantearter kan øke sin utbredelse som svar på økning i vekstsesongens lengde eller andre effekter av økt temperatur i fjellet (Klanderud & Totland 2005).

På kort sikt kan det forventes relativt beskjedne



Skoggrensa, Varanger. Foto: Mari L. Sjong

endringer av plantesamfunnene som følge av klimaendringene, siden det er en betydelig treghet i fjellvegetasjonens svar på endringer i vekstforholdene (Hofgaard & Wilmann 2002). Endringer som har skjedd i løpet av 1900-tallet (økt forekomst og ekspansjon oppover i fjellet), kan settes i sammenheng med naturlig suksesjon siden den lille istiden, økt nitrogennedfall, endret beitetrykk, og turisme, i tillegg til klimaforandringer (Klanderud & Birks 2003).

Økning i sommer- og vintertemperaturer i størrelsesorden 2 respektive 4 °C, vil trolig ikke ha en dramatisk effekt på plantesamfunnene, da de fleste artene har en bred temperaturamplitude for både sommer og vinter (Sætersdal & Birks 1997). Arter med smal temperaturtoleranse er sjeldne arter med begrenset utbredelse. Dette gjør dem sårbare, men de finnes i et bredt spekter av habitater langs fuktighets- og forstyrrelsesgradienter, noe som til dels motvirker sårbarheten, selv om det er vanskelig å forutsi hvordan habitatsfordelingen kommer til å forandre seg med et endret klimaregime.

De fleste isbreene i Norge ligger i fjellet eller i fjellnære områder. Etter hvert som isbreene trekker seg tilbake ved varmere klima (jf. tekstboks i kapittel 2), vil primær suksesjonsarter av lav og mose begynne å innta nye områder. Mange av de breene som forsvinner raskest, vil imidlertid være såkalte kuldebreer som ligger i tørre strøk med lite nedbør. Suksesjonen i slike områder går svært langsomt og man vil nok få store områder med bare blokker som ligger igjen etter isen, i lang tid.

For invertebrater vil endringer i temperatur, snødekke, vind og forekomst av næringsplanter være viktige for mulighetene til å spre seg til nye områder. Mange invertebrater har gode spredningsmuligheter og kan nå de fleste fjellområdene. Ved utvikling av egnete lokale økologiske forhold kan slike arter derfor raskt etablere seg. Arter knyttet til spesielle habitattyper med lang kontinuitet, vil imidlertid ikke ha så gode spredningsmuligheter og vil derfor ha vanskeligheter med å tilpasse seg nye økologiske forhold.

For vertebrater vil det i hovedsak være endring i mulighetene for næring og skjul som er avgjørende for deres livsmuligheter. For planteetere vil ny plantevekst tidlig i sesongen eller i kanten av snøleier være viktig som næring med høy verdi. Omfanget og fordelingen av snøleier og deres avsmelting gjennom sesongen vil derfor være

viktig for mange planteetere. Sannsynligvis vil en temperaturøkning føre til en reduksjon i omfanget og varigheten av snøleier, noe som vil redusere tilgjengeligheten av høykvalitetsnæring for grasetere. For bytteetere vil det i all hovedsak være tilgangen på næring, evt. konkurranse fra andre arter og forstyrrelse fra menneskelige aktiviteter som vil være avgjørende. En klimaendring som forutsatt, kan øke mengden av konkurrenter, f.eks. kan bedre leveforhold for rødrev gi økt konkurranse for fjellrev. Fjellrev, som er en direkte truet art på fastlands-Norge, kan således være indirekte truet av klimaendringer. Det er noe usikkert i hvilken grad et varmere klima og endringer i snødekket også kan ha direkte negative effekter.

Endringer i snødekket vil gi endringer i beitemønstre for villrein på lokal skala, spesielt om vinteren og dels om våren (Heggberget et al. 2002). Mer storskala endringer i fordelingen av snødekket kan føre til at villreinen endrer bruken over større områder, f.eks. at vinterbeitet foregår på andre deler av Hardangervidda eller i Dovreområdet enn i dag. Lokalt kan endring i snødekket føre til endringer i utnyttelse av viktige beiteplanter og dermed i dominansen mellom ulike plantegrupper. Videre økologiske konsekvenser av dette, f.eks. for fjell-økosystemenes funksjon, er imidlertid uklare. Men også menneskers aktivitetsmønstre kan endre seg som følge av klimaendringene, ikke minst som følge av endringer i skogens utbredelse og snødekket, noe som igjen kan ha effekter på de økosystemer som blir berørt.

Både endringer i snødekket og andre klima-relaterte endringer vil trolig føre til at tilgangen på lav som vinterbeite for rein vil bli forskjøvet og



*Endringer i snødekket vil kunne påvirke mange arter i fjellet. Her: Vindøldalen, Trollheimen.
Foto: Jan-P. Huberth-Hansen*

redusert. Dermed vil reinens leveområder og næringstilgang om vinteren bli redusert. Dette vil ha konsekvenser for bytteetere som lever av rein, og kan ha konsekvenser for næringstilgang og livsmuligheter for jerv og fjellrev som har åtsler av rein som viktig vinternæring.

Flere individer av skogsarter av fugl vil trolig hekke i fjellskog som følge av gunstigere klimaforhold med lengre vekst- og hekkesong (Kålås 2005). Dette kan føre til økt bestandsstørrelse for de aktuelle artene, selv om vinteroverlevelsen vil være styrt av bl.a. klimaforhold andre steder enn i fjellet. På lengre sikt kan både habitatendringer (med økt dekning av busker og trær) og konkurranse fra skogsarter redusere mulighetene for arter som foretrekker åpne områder, men dette synes ikke som noen akutt problemstilling.

På lengre sikt kan økt dekning av trær, busker og lyng som følge av et generelt mildere klima påvirke leveområdene for lemen og trolig redusere bestandsnivå og svingninger for denne arten. Det kan også se ut til at mønstret i bestandsfluktasjoner hos lemen kan knyttes til endringer i storskala klimamønstre i Nord-Atlantern (NAO-indeksen), noe som påvirker leveforholdene til smågnagere under snøen om vinteren. Klimaforhold som medfører vanskeligere leveforhold om vinteren, vil trolig føre til svakere bestandsutvikling for smågnagere om våren og tidlig på sommeren. Dette kan ha konsekvenser for reproduksjonssuksess og bestandsutvikling for arter som fjellvåk, fjellrev og snøugle som har lemen og andre smågnagere som viktig næringsressurs og dessuten er tilknyttet åpne fjellområder.

Skog

Skog dominerer landskapsbildet over store deler av Norge. Skog defineres generelt som areal som er dekket av trær eller som potensiell skogsmark som forbigående mangler trær (f.eks. hogstflater). Vi deler ofte skogen i ulike typer etter de dominerende treslagene: barskog (gran, furu), nordlig lauvskog (bjørk, osp og flere andre treslag) og edellauvskog (eik, lønn, bøk, lind og flere). Ellers varierer primærproduksjonen og andre økologiske forhold mye for ulike skogtyper, avhengig av klima, jordsmonn, fuktighetstilgang og kulturpåvirkning. Skogen i Norge har i århundrer vært en viktig ressurs for mennesker, og skogens økosystemer og arter er sterkt påvirket av menneskers tidligere og nåværende aktiviteter.



Furuskog i Stabbursdalen. Foto: Kristin S. Karlsen

Noen karakteristika for naturtypen skog

- skog omfatter tredekte områder og områder temporært uten tredekke (hogstflater, tidlige suksjonsstadier): *Områder på minst 0,5 ha med minst 10 % kronedekke av trær som kan oppnå en høyde på minst 5 m i utviklet tilstand, inkludert skogplantasjer, skogområder forbigående uten trær og kantskog med en bredde på minst 20 m* (FAO 2002); i skogbruket skilles gjerne mellom produktiv skog (årlig vekst på minst 1m³ pr ha) og ikke-produktiv skog
- skog deles i hovedtyper etter dominerende treslag (barskog, blandingsskog, lauvskog) og i klimarelaterte soner ut fra krav til varmetilgangen (nemoral, boreonemoral, sørboreal, mellomboreal, nordboreal), ellers skilles mellom ulike skogtyper ut fra nærings- og fuktighetsforhold (jf. Fremstad 1997)
- temperatur og nedbørsforhold varierer mye avhengig av geografi og høyde over havet
- vekstsesonen varierer fra mer enn 200 til mindre enn 150 dager
- tredekket og de ulike treslagenes egenskaper utgjør viktige økologiske faktorer i tillegg til abiotiske faktorer som klima (temperatur, nedbør), vanntilførsel, jordsmonn/berggrunn og fysiske forstyrrelser av tredekket (brann, stormfelling); biologiske interaksjoner som symbiose (mykorrhiza), beiting/predasjon og nedbryting er viktige for økologiske funksjoner og for svært mange arter
- primærproduksjonen varierer fra svært høy (produktive løvskoger) til svært lav (lavfurskog, næringsfattig lavbjørkeskog)
- næringskjeder er komplekse for både produksjonskjedene og nedbrytere
- skogsområdene i Norge har vært allsidig utnyttet til seterdrift, beiting og andre sanke/høsteformer som har formet særegne vegetasjonstyper i skog
- deler av de lavereliggende skogarealene, ofte de mest produktive, er omgjort til landbruksareal (dyrket mark), tettbebyggelse og infrastruktur, mens store deler av skogarealene på kysten ble omgjort til beitearealer i landbruket for flere tusen år siden (kystlyngheier)

Påviste effekter av klimaendringer i Norge

Planter og vegetasjon

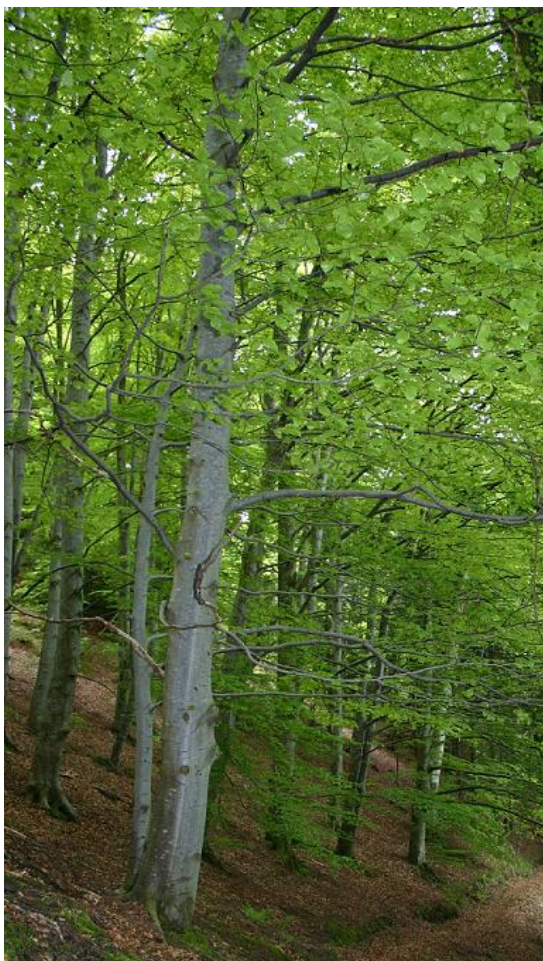
I Nord-Norge kan det se ut til at vekstsesonen har blitt noe kortere de siste tiårene spesielt i indre deler av Finnmark og Troms (Høgda et al. 2001). Dette samsvarer med undersøkelser fra Kola av tidspunktet for knoppsprett hos bjørk i perioden 1964-2003 som viser en generell trend mot senere

knoppsprett (Shutova et al. 2005). Samtidig viser bjørka noe tidligere høstgulning i samme område og over samme periode. Studiene tyder dermed på at vekstsesonen i nord har blitt noe kortere, noe som trolig skyldes økt nedbør og mer snø.

For Sør-Norge er det imidlertid klare indikasjoner på at lengden av vekstsesonen for planter har økt for viktige treslag og andre planter i skog (jf. Høgda et al. 2001). Økning i vekstsesonens

lengde er også et gjennomgående mønster for mye av Europa (Menzel & Fabian 1999; Menzel 2000). En økning i vekstsesongens lengde gir muligheter for økt reproduksjonssuksess og lavere dødelighet for mange varmekjære plantearter, noe som igjen kan gi større mengde og økt utbredelse av de aktuelle artene. Arter som er særlig tilpasset for eksempel kaldt klima og/eller er konkurranse-svake, kan imidlertid gå tilbake i varmere deler av artenes respektive utbredelsesområder, og endringer i mengdeforholdet mellom ulike arter kan gi endringer i plantesamfunnene. Dette er vist for flere skogtyper og artsgrupper. I et studieområde i Ringsaker i Hedmark viser f.eks. varmekjære karplanter framgang fra 1960 til i dag i forhold til arter tilpasset kaldere klima (Ofte & Stabbetorp, under arbeid).

I løpet av de siste 10- 15 årene er det observert en



Edelløvskog er en varmekrevende naturtype som en kan forvente vil utvide sitt utberedelsesområde. Her bøkeskog fra Rosendal. Foto: Heidi B. Hoel

økning i mengde av lav på trær, med en særlig framgang for varmekjære arter som vanlig kvist-

lav (Bruteig & Willmann 2004). Dette kan skyldes økt lavvekst som følge av lengre vekstsesong, bedre vekstbetingelser i vekstsesongen (økt temperatur, flere dager med god luftfuktighet) og/eller redusert dødelighet om vinteren. På den andre siden har en kuldetolerant art som snømållav fått redusert forekomst i lavereliggende høydeler. Mengden moser i skogbunnen har økt i mange områder av Sør-Norge siden 1990 (Økland et al. 2004; Bakkestuen et al. 2004). Fram til midten av 1990-tallet økte både små og store moser, men deretter ser det ut til at de store mosene har økt på bekostning av de små som overvokses og skygges ut. Disse endringene tolkes som et svar på en lengre vekstsesong der særlig lange fuktige høster begunstiger mosevekst – spesielt av konkurransesterke moser.

Undersøkelser av træs respons på temperaturendringer viser at det er forskjell på trær med nordlig og sørlig opphav (proveniens). Bjørk av nordlig og kystnært opphav viste begrenset eller negativ vekstrespons på temperaturøkning, mens bjørk fra sørlige fjell viste positiv vekstrespons (Skre et al. 2005). Vekstrytmen hos gran er vist å ha sammenheng med klimaet under frøformering (Johnsen et al. 2005a; Johnsen et al. 2005b), slik at nye frøplanter viser rask tilpasning til endrete klimaforhold. Veksten hos gran viser komplekse sammenhenger med endringer i sommer- og vinterklimaet (Solberg et al. 2002), og vinterklimaets betydning for diameterveksten var ikke like stor i siste halvdel av 1900-tallet som i første. Det er regionale forskjeller i hvilke klimavariabler som er viktigst for veksten hos gran (Andreassen, manuskript); sommernedbøren har størst betydning i lavlandet i Sørøst-Norge, mens sommertemperaturen er viktigst i resten av landet. Også veksten hos furu viser ulikheter i responsen på klimaendringer, med sterkere respons langs kysten enn i innlandet og med sterkere effekt av sommertemperaturen i vest og nedbøren i øst (Linderholm et al. 2003).

Klimaendringer påvirker ikke bare utviklingen hos enkeltarter og artssammensetningen, men hele økosystemer. Felteksperimentet CLIMEX har vist at økning av temperaturen og mengden CO₂ i lufta ga en rekke effekter på det lokale skogøkosystemet (van Breemen et al. 1998; Wright 1998). Trær, røsslyng og blåbær blomstret tidligere og vokste bedre ved en forlenget vekstsesong og høyere temperatur. Hastigheten på ulike jordprosesser økte, bl.a. ble organisk materiale i jorda brutt raskere ned, og mengden tilgjengelig nitrogen økte. Dette eksperimentet foregikk bare i 3 år,

slik at disse effektene kan være en kortvarig respons på endringene.

Dyr

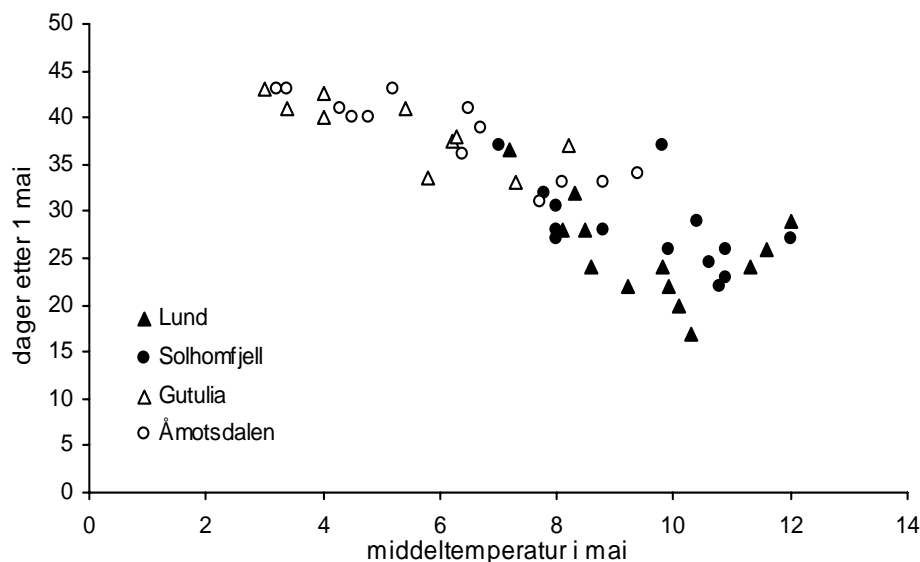
For dyr knyttet til skogen er det noe bedre dokumentasjon av klimaeffekter enn for arter i fjellet, men den tilgjengelige dokumentasjonen er forholdsvis skjev. Det er flere studier som har sett på sammenhenger mellom hjortedyrenes demografi og kondisjon og ulike, til dels storskala klimaforhold. Det er imidlertid få studier av andre organismegrupper eller effekter knyttet spesifikt til antatte framtidige klimaendringer.

Studier av hjort, elg og rådyr viser at ulike klimaforhold har en klar effekt på demografiske egenskaper som har konsekvenser for artenes bestandsdynamikk. I hovedsak knytter disse effektene seg til hvordan vinterklimaet påvirker kondisjonen til mødrene, noe som igjen har effekter på kvaliteten til kalvene neste vår og dermed på bestandenes sammensetning og utvikling. Høy vinterindeks for den nordatlantiske oscillasjonen (NAO, jf. kapittel 2) gir milde vintrer med mye nedbør. I lavere høydelag (< 400 m) på Vestlandet betyr dette lite snø og forholdsvis god kondisjon for hunnhjorter (Mysterud et al. 2000). Dette har igjen effekter på kalver som fødes følgende vår, både ved at kalvenes vekt blir noe høyere og ved at det fødes større andel hanner (Mysterud et al. 2000; Loison et al. 1999). Dessuten ser slike klimaforhold ut til å påvirke kvaliteten på sommerbeitet og dermed vekten av hjort (og sau) om høsten (Mysterud et al. 2001). Også for elg virker mye snø negativt på hunnens kondisjon, noe som gir negativ effekt på rekrutteringen til bestanden (Solberg et al. 1999). Sommerklimaet har også effekt på elgenes vekst – unge hanner vokser

bedre ved kjølige og tørre somrer (Solberg et al. 1994), noe som sannsynligvis skyldes at det blir en lengre sesong på forsommeren hvor man finner nye, næringsrike skudd av den vegetasjonen elgen beiter på. For rådyr er også snødyp en negativ faktor for bestandenes vekst, og sammenfallende variasjon i snødekket ser ut til å synkronisere bestandsutviklingen for rådyr over større områder (Grøtan et al. 2005).

Mange trekkfugler ankommer tidligere på hekkeplassen når våren kommer tidlig (f.eks. uttrykt ved temperaturen i vårmånedene). Dette er bl.a. vist for et utvalg arter i Troms, der median ankomstdato for 31 arter viste en negativ sammenheng med gjennomsnittstemperaturen i mars-mai (Barrett 2002). Tilsvarende resultater kan sikkert finnes for en del andre lokaliteter i Norge og er også godt dokumentert internasjonalt, med rimelig klar negativ sammenheng mellom ankomstdato og vårtemperaturer (f.eks. Mason 1995; Sokolov et al. 1998; Sparks 1999). Men ikke alle trekkfugler viser slik sammenheng. Svarthvit fluesnapper viste f.eks. positiv sammenheng mellom ankomstdato og vårtemperatur i Troms (Barrett 2002), og også i andre studier er det vist at ankomsten av langdistansetrekkinge fugler ikke nødvendigvis har klar sammenheng med vårtemperaturen på hekkeplassen (Both & Visser 2001).

Det er også kjent at fugler tilpasser starten på reproduksjonssesongen til klimaet på hekkeplassen. Overvåking av hekkebiologien hos svarthvit fluesnapper i tilknytning til programmet for terrestrisk naturovervåking (TOV) viser at denne arten starter hekkingen tidligere når våren kommer tidlig (figur 9, Kålås 2005). Dette er et fenomen som ellers er godt dokumentert ved en lang



Figur 9. Sammenheng mellom eggleggingstidspunkt hos svarthvit fluesnapper i overvåkingsområdene i TOV-programmet og middeltemperatur i mai for nærliggende meteorologiske stasjoner. Kilde: Kålås 2005.

rekke studier av både svarthvit fluesnapper (f.eks. Järvinen 1989; Winkel & Hudde 1997; Slater 1999) og mange ulike fuglearter i Europa og gjelder i store trekk enten artene er standfugler eller trekkfugler (f.eks. Crick et al. 1997; Crick & Sparks 1999).

Vi har ikke tilgjengelig dokumentasjon fra Norge som viser om fugler eller pattedyr har endret sin utbredelse som følge av klimaendringer. Et studium fra Storbritannia viser imidlertid at en rekke sørlige fuglearter har økt sin utbredelse nordover med ca. 19 km i perioden 1970-90, mens det ikke var noen tilsvarende reduksjon i den sørlige utbredelsesgrensen for nordlige arter (Thomas & Lennon 1999). En tilsvarende undersøkelse fra Tyskland viste ikke like tydelige geografiske mønstre, men derimot var det en positiv sammenheng mellom artsantallet og endringen i gjennomsnittstemperaturen for april-juni (Lemoine & Böhning-Gaese 2003). Det synes altså klart at fugler i stor grad vil endre sin utbredelse som svar på endringer i klimaet, og dette vil ofte være koblet til endringer i bestandsstørrelse – ved økning i bestanden vil ofte utbredelsen også øke. Slike endringer skyldes også en rekke andre faktorer, ikke minst arealbruk, som påvirker tilgangen på næring og egnete habitater. Mange av endringene i fuglefaunaen de siste 100 årene skyldes nok i hovedsak endringer i arealbruk (jf. Järvinen & Väisänen 1977).

Heller ikke for invertebrater foreligger det sikre studier fra Norge som viser økt utbredelse som følge av klimaendringer. Fra Sverige foreligger en undersøkelse på skogflått som indikerer en ekspansjon nordover siden 1980 som følge av mildere vintre (Lindgren et al. 2000), samt en økning i tettheten av flåttene lengre sør som følge av lengre vekstperiode. Andre har kritisert denne artikkelen og mener økning i hjorteviltbestanden kan være en årsak.

Hos lirype har man vist at mengde av parasitter i dem er negativt korrelert med snødekkets varighet om våren, dvs. dess lenger snøen ligger jo mer parasitter finner man (Holmstad et al. 2005). Slike parasitter har en negativ effekt på rypenes kroppskondisjon, reproduksjon og overlevelse og kan dermed ha en bestandsregulerende effekt.

Fra Europa viser studier av sommerfugler at artenes flygetid foregår tidligere enn før (Ellis et al. 1997; Roy & Sparks 2000), og at flere arter har økt sin utbredelse nordover (Parmesan et al. 1999; Warren et al. 2001). Det er også vist at flere arter

har hatt en bestandsøkning de siste 20 årene (Pollard et al. 1995; Roy et al. 2001). Alle disse endringene ser ut til å henge sammen med en tidligere vår og økning i temperaturen i reproduksjonssesongen.

Økologiske konsekvenser

Sannsynlige framtidige klimaendringer vil gi en økning i temperaturen, trolig også flere dager med høyere luftfuktighet langs kysten, og generelt lengre vekstsesong for alle skogtyper. Det kan imidlertid bli mer utpreget sommertørke for skog på Østlandet.

De antatte endringene i temperatur og fuktighet vil generelt føre til høyere planteproduksjon og til raskere omsetning av næringsstoffer i skogsjorda. Dette vil gi grunnlag for større produksjon, mer stående biomasse og økt omsetningshastighet i skogøkosystemene.

Økt temperatur og lengre vekstsesong vil i hovedsak gi økt volumvekst av trær. Økt vintertemperatur vil imidlertid få negativ innvirkning på veksten, noe som til dels kan bli kompensert ved økt sommertemperatur, men høye sommertemperaturer kan også redusere tilveksten pga. mer hyppige tørrperioder. Effektene vil variere mellom ulike deler av landet (nord-sør, kyst-innland) og vil avhenge av komplekse effekter av endringer i sommertemperatur, vintertemperatur og fuktighet. Skogstrærne har en genetisk fleksibilitet som gir en buffer ved klimaendringer, men effektene må forventes å være forskjellige for ulike deler av landet.



*I TOV-området i Solhomfjell har undersøkelsen av markvegetasjonen vist stor framgang for moser
Foto: Dag Svalastog, NINA.*

Klimaendringene vil trolig føre til at skogarealet vil øke, men dette er en nokså kompleks prosess der endringer i arealbruk og kulturpåvirkning trolig vil være en viktigere faktor enn klimaet på kort sikt. Også effekter av naturlig beite vil være av avgjørende betydning for utviklingen av skog og vegetasjonen i skog (f.eks. Tømmervik et al. 2004).

Endringer i fuktighetsklimate og vekstsesongens lengde vil føre til økt mengde moser i skogbunnen og lav på trestammer. Vanlige storvokste mosearter vil øke på bekostning av små, mer sjeldne arter. Økt fuktighet (endret markfuktighet) som følge av endringer i snødekket og sommernedbør, vil kunne gi ytterligere økt dominans av moser og gras i tidligere lavdominerte skogområder, noe som er av særlig betydning i vinterbeiteområder for reinsdyr. Ellers kan økt tykkelse og utbredelse av mosedekket medføre problemer med etablering for frøplanter av skogtrær og andre arter i feltsjiktet.

Samtidig kan det forventes økt omfang av insekt- og soppkader på skog, spesielt som følge av økt vintertemperatur og sommerfuktighet. Det er f.eks. sannsynlig at både frekvens og omfang av utbrudd av skadeinsekter som granbarkbiller (Økland & Berryman 2004; Økland & Bjørnstad 2003) og fjellbjørkemålere (Neuvonen et al. 2005) vil bli mer omfattende. Utsiktene til varmere og tørrere somrer vil kunne gi hyppigere og mer omfattende angrep av granbarkbiller enn før. For fjellbjørkemålere vil særlig økt vintertemperatur kunne gi bedre overlevelse for eggene og dermed mer omfattende og langvarige angrep av larver om sommeren.

Endringer i vinterklimaet, spesielt snødekket, vil gi endringer i kondisjonen for hjortedyr. Med mildere vintrer kan vi forvente bedre overlevelse



*Bestandsdynamikk hos flere av hjortedyrene påvirkes av klimarelaterte faktorer. Her rådyr.
Foto: Jan Jensen*

og kondisjon og flere kalver i bedre kondisjon neste vår, noe som vil resultere i større høstbestander. Hvordan dette vil påvirke langsiktige mønstre i livshistorie (der flere variabler varierer med bestandens tetthet) og bestandsdynamikk, er umiddelbart vanskelig å si. Dette vil avhenge av bl.a. hvordan bestandene høstes og forvaltes, samt hvordan rovdyrstammene forvaltes.

Den økte geografiske utbredelsen av elg, hjort og rådyr som har foregått de siste 50 årene (stor grad av andre grunner enn klimaendringer), vil kunne fortsette videre. Ved økt bestandstetthet og større geografisk utbredelse av hjortedyrene, vil deres effekter på vegetasjonen kunne bli betydelig. Det er allerede store lokale problemer med vinterbeiting av elg på furu, og flere arter av løvtrær er ettertraktet vinterfôr for flere av hjortedyrene. Bestandsendringer hos hjortedyrene vil ganske sikkert ha konsekvenser for vegetasjonen, andre planteetere og deres ulike bytteetere. Sammenhengene er imidlertid svært komplekse og avhengige av en rekke andre faktorer enn klimaendringer, ikke minst forvaltningen av hjortedyrene og de store rovdirene og skogforvaltningen mer generelt.

Tidligere ankomst på hekkeplassen og tidligere hekking hos flere fuglearter vil trolig gi bedre hekkesuksess og større bestander av fugler på ettersommeren og høsten. Mildere vintrer vil også sannsynligvis føre til bedre overlevelse om vinteren for standfugler og kortdistansetrekkere. Men dette er mer usikkert for arter som trekker til Middelhavsområdet eller Afrika der klimaendringer og andre forhold kan gi dårligere overlevelse. Til sammen kan dette føre til økning i bestandene av mange fuglearter med vinteropphold i Norges nærområder, på bekostning av langdistansetrekkere. Arter som er særlig tilpasset nordlige økosystemer (f.eks. enkelte standfugler i nordboreal skog), kan forventes å få redusert bestandsstørrelse og utbredelse.

Endringer i flygetider, utbredelse og bestandsstørrelse for sommerfugler som følge av klimaendringene de siste tiårene, er observert i andre land i Europa. En slik utvikling er også sannsynlig hos oss og vil trolig gjelde for mange arter av insekter. Ut fra dagens kunnskap er det vanskelig å si hva de økologiske konsekvensene vil bli av dette. Det har imidlertid vært uttrykt bekymring for om pollinerende insekters livsutvikling (fenologi) kan forløpe annerledes som følge av klimaendringene enn hva som vil være tilfelle for de plantene de skal bestøve (dvs. en "mismatch" mellom planter

og pollinatorer). Vi har imidlertid ikke noen dokumentasjon på at dette er noe akutt problemstilling.

Skogflåttens utbredelse synes i Norge å være begrenset av vekstsesongens lengde. Lengre vekstsesong, definert som antall dager over 5 °C, i kombinasjon med økt hjorteviltbestand, vil kunne øke både dens utbredelse og tetthet. Dette kan få alvorlige helsemessige konsekvenser for mennesker og dyr, da flåttene overfører en rekke patogener mikroorganismer.



Figur 10. Skogflått, en nyklekt hunn (t.v.) og en hunn fullsugd av blod (t.h.). Tegnet av: Hallvard Elven, Folkehelseinstituttet

Flere arter av flaggermus med utbredelse på kontinentet er antatt å kunne øke sin utbredelse nordover som følge av klimaendringene. Visse flaggermus i Mellom-Europa, inkludert Danmark, bærer en type rabies som er dødelig for mennesker. Det er spekulert på om rabies kan følge med nordover ved klimaendringer. Imidlertid er ingen mennesker angrepet i Danmark, og det kan hende rabies i flaggermus alt finnes i Norge – det er bare ikke undersøkt.

Klimaendringene vil medføre en rekke endringer i skogøkosystemene, både knyttet til økologiske prosesser og forekomsten av planter og dyr. Bortsett fra at varmekrevende arter trolig vil øke i mengde og utbredelse, er det neppe grunnlag for å tro at klimaendringene vil skape fundamentale endringer i skogøkosystemene. Unntaket kan være spesielle økosystemer med liten utbredelse og arter som er spesielt tilknyttet slike systemer. Vår øvrige forvaltning av skogen vil nok ha størst betydning på kort sikt. Det er et åpent spørsmål om dagens skogforvaltning er robust i forhold til framtidens klimaendringer og om den fører til en skog med egenskaper som gir gode nok muligheter for arter og økosystemer til å tilpasse seg disse klimaendringene.

Kulturlandskap

Kulturlandskap er naturtyper påvirket eller formet av menneskelig virksomhet, i denne sammenheng hovedsakelig avgrenset til jordbruk. Kulturpåvirkning har skjedd over tusener av år, og varierer mellom regioner. I mange kulturlandskap finnes særegne vegetasjonstyper, og arter som er tilpasset en bestemt type bruk eller påvirkning, som i dag er truet pga endret og opphørt bruk. Ca 30 % av truede arter i Norge er knyttet til kulturlandskap, og majoriteten av våre truede vegetasjonstyper finnes her (DN 1999).



Naturbeitelandskap i Lofoten. Foto: Akse Østebrøt.

Noen karakteristika for kulturlandskap

- utgjør ulike landskap preget av menneskelig virksomhet knyttet til primærnæringene i nåtid eller fortid
- landbrukets "tradisjonelle" kulturlandskap har ofte stort mosaikkpreg og variasjon på grunn av innhold av mange ulike naturtyper og bruksformer
- inneholder særegne natur- og vegetasjonstyper, skapt over lang tid av økologiske prosesser styrt av mennesker
- struktur og artsinnhold i slike "gamle kulturmarker" er et resultat av samspillet mellom kulturpåvirkningen og naturgitte faktorer som klima, geologi, topografi og lignende.
- stor tidsdybde er karakteristisk for mange typer kulturmarker ved at samme driftsform har vært benyttet kontinuerlig på samme sted over lang tid
- langvarig modifisering av de økologiske forholdene fra ulike driftsteknikker har skapt optimale forhold for et høyt antall plante- og dyrearter i kulturlandskapet og stor variasjon m.h.p. naturtyper
- et moderat intenst drevet kulturlandskap innehar ofte høy biodiversitet
- ca 30 % av truede arter i Norge er knyttet til kulturlandskap og majoriteten av vegetasjonstyper som er truet i Norge finnes her, pga. av endrete driftsformer
- landbrukets "tradisjonelle" kulturlandskap har i over tusener av år vært organisert med en tydelig innmark/utmark struktur, hvor innmarka var forbeholdt produksjon av mat og vinterfôr, mens utmarka var en ressurs for beite, førsanking og den viktigste næringskilden for å opprettholde produksjonen på innmarka
- ettersom bare ca. 3% av landoverflaten er dyrkbar mark, har i tidens løp store deler av norsk natur i realiteten vært påvirket av ulike former for utmarksbruk

Geografisk variasjon

Klimatiske begrensninger, markerte gradienter og store topografiske forskjeller har opp gjennom årene ført til utviklingen av et usedvanlig variert kulturlandskap med et høyt antall naturtyper. Mange av de mest verdifulle naturtypene knyttet til kulturlandskapet er skapt av driftsformer som har sammenheng med beite og sankning av ulike typer vinterfôr. Dette omfatter bl.a. eng, heivegetasjon i lavlandet og på kysten, hagemark, høstingsskoger, beitemark i skog og fjell, stølsområder osv. (Moen 1998).

Den store variasjonen i kulturlandskapet har også bidradd til et høyt artsmangfold, både lokalt og på landskapsnivå. Enkelte tradisjonelt drevne ugjød-

la slåtteeengene er for eksempel blant de mest artsrike habitater som er påvist i Norge (Norderhaug 1996). Forekomsten av flere typer kulturlandskap her i landet utgjør også den europeiske nordgrense innen sitt slag, for eksempel når det gjelder lauvenger eller kystlynghei (Norderhaug et al. 1999; Kvamme et al. 2004).

Variasjonen i kulturlandskapet følger til dels de klimatiske vegetasjonssonene med for eksempel hagemark, lauvenger og ugjødsla slåttemark i lavlandet, trebare lyngheier basert på helårsbeite og lyngbrenning langs kysten, og stølslandskap preget av beite og førsanking i fjellet. Effekten på landskapet er fremdeles synlig, selv om disse

driftsformene har gått kraftig tilbake de siste tiårene (Moen 1998; Norderhaug et al. 1999).

Endringsprosesser i kulturlandskapet

Kulturlandskapets naturtyper er svært dynamiske økosystemer, og det er nøye sammenheng mellom økologiske prosesser og de tradisjonelle driftsformene. Når de endres eller opphører, fører det til suksessjoner som ligner det som kan forventes å bli konsekvensene av endrete klimaforhold.

En slik prosess er tilgroingen som foregår i mange tidligere åpne kulturlandskapstyper. Det er godt dokumentert at dette henger sammen med dramatisk nedgang i bruk av utmarksressurser (beite, slått, lauv, ved, etc.) de siste 60 årene. Selv om klimaendringer også påvirker gjengroingen (se neste avsnitt), har tidsstudier (årringsstudier, flybilder etc.) vist at det er redusert bruk som først og fremst starter prosessen (Moen 1998; Kaland & Vandvik 1998; Austad et al. 2003).

Endret drift og manglende skjøtsel gir også andre utslag som forumping, tuedannelser eller fragmentering. Der det tidligere var forholdsvis sammenhengende arealer med likeartede former for kulturlandskap og kulturmarker (f.eks. lauvenger og utmarksslåtter i innlandet, lyngheier på kysten), er det i dag bare spredte isolerte forekomster igjen. I mange tilfeller blir habitatene så små at en del arter får problemer med å klare seg (Emanuelsson og Johansson 1987; Hestmark et al. 1998).

Når menneskeskapt påvirkning reduseres eller forsvinner, kan det lett oppstå en konkurransemessig ubalanse i den aktuelle naturtypen. Tidligere åpen mark blir tilgjengelig for kolonisering, og enkeltarter kan for kortere eller lengre tid bli fullstendig dominerende med ødeleggende konsekvenser for

naturtypens struktur og artsmangfold. Det kan være arter med lokal opprinnelse som for eksempel einer, vierarter og rome, eller innførte arter som for eksempel lupiner, rynkerose eller platanlønn som nå invaderer flere edellauvskogsreservater (Fremstad et al. 2005). Dette er prosesser som i tillegg påvirkes av klimaendringer.

Det er flere uheldige konsekvenser av disse endringsprosessene. Først og fremst reduseres variasjonen i kulturlandskapet ved at kulturbetingete naturtyper forsvinner. Blant 71 truede vegetasjonstyper ligger 9 av 12 akutt truede i kulturlandskapet, og ca. 50 % av 36 sterkt truede (Fremstad & Moen 2001). Også mange enkeltarter har nå kommet under press. Noen av dem kom hit for flere tusen år siden som "følgearter" med det tidlige landbruket. Andre har hatt gode vilkår i kulturlandskapet, mens de naturtypene de opprinnelig levde i, for lengst har forsvunnet. Ca. 30% av rødlisteartene i Norge er tilknyttet kulturlandskapet (DN 1999), vesentlig til de semi-naturlige naturtypene. Denne utviklingen er en utfordring for naturforvaltningen (Jordal 1997, Bruteig et al. 2003; Stabbetorp et al. 2003).

Kulturlandskapets økosystemtjenester svekkes også gjennom de pågående prosessene. I tillegg til biologisk mangfold omfatter dette forhold som mulighet for tradisjonell lokalmatproduksjon, opplevelse, rekreasjon, historieforståelse, identitet osv. Svært mange gir også uttrykk for at de opplever tilgroingen av kulturlandskapet som en reduksjon av de estetiske verdiene i naturen (Strumse & Hauge 1998).

Når tradisjonelle kulturmarkstyper gror igjen, forsvinner fort den praktiske kunnskapen om hvordan de lokale ressursene i landskapet best



Gjengroing av kulturlandskap er en av prosessene som vil kunne påskyndes med varmere klima. Her: Kystlynghei på Fønnes i Lindås, Hordaland i 1971 (t.v.) og i 2005 (t.h.) etter at driften opphørte i 1975. Foto: Peter Emil Kaland.

skal utnyttes (Tunon 2004). All erfaring tilsier at teoretisk skjøtselskunnskap bare er av begrenset verdi hvis de praktiske ferdighetene mangler. (Kvamme et al. 2004). Ikke minst er det mangel på kunnskap og kompetanse om bruk av de gamle husdyrrasene i de ulike typer kulturlandskap som de opprinnelig var tilpasset til å leve i. Disse rasene var utgangspunktet for utvikling av dagens husdyr (Løne 1991). De utgjør en levende genbank som vil bli like nødvendig for å utvikle morgendagens husdyrraser. De representerer også muligheter for å utvikle ny metodikk til å holde deler av kulturlandskapet i hevd på en økonomisk og rasjonell måte.

Konsekvenser av klimaendringer

Det er stor mangel på undersøkelser om hvordan klimaendringene vil påvirke kulturlandskapet. Noe av problemet er at effektene vil være vanskelige å skille fra de mange endringene som alt foregår i kulturlandskapet på grunn av redusert utmarksbruk. Rent generelt vil klimaendringene forsterke tendensen i disse endringsprosessene (tilgroing, redusert mangfold, spredning av nye arter, etc.).



Stølsmiljø fra Luster, Sogn. Legg merke hvordan stølsdriften har påvirket skoggrensene i bakgrunnen. Foto: Peter Emil Kaland.

Høyere temperatur (særlig om sommeren) og lengre vekstsesong vil øke produksjon og gi høyere vekstrater for de fleste treslagene. Dette vil øke hastigheten på tilgroingen, men som nevnt i forrige avsnitt vil dette normalt ikke være årsaken til at tilgroingen starter. Men i områder hvor beitetrykket akkurat er tilstrekkelig til å holde tilgroingen i sjakk, kan det tenkes at en klimaendring kan være det som skal til for å endre balansen.

Nær beslektet med effekten av høyere sommer-temperatur og lengre vekstsesong, er effekten av

økt nitrogendeposisjon fra nedbøren. Dette fører til raskere vekst hos en rekke arter, samtidig som nøysomme plantesamfunn (for eksempel kystlynghei) lett kan ta skade ved at nitrogeninnholdet i jordsmonnet blir for høyt (Kvamme et al. 2004). Et varmere klima med lenger vekstsesong vil påvirke artenes utbredelsesmønster. Når det gjelder den klimatiske skoggrensen mot fjellet er den særlig avhengig av gjennomsnittlig maksimumstemperatur i juli måned. Med høyere sommertemperatur vil således skogen etter hvert krype lenger til fjells, og dette kan bl.a. føre til endringer i lavalpine beitelandskap. Disse kan ha betydelig alder og har overlevd bl.a. fordi de har ligget over den klimatiske skoggrensen. Mye av den tilgroingen som i de siste tiårene har vært merkbar i stølssonenes beiteområder, har på den annen side først og fremst sammenheng med redusert beitebruk (Bryn et al. 2001; Bruteig et al. 2003).

I de åpne kystlyngheiene foregår det også en hurtig skogspreddning. Dette skyldes reduksjon og til dels opphør i beitebruk og annen tradisjonell skjøtsel (Kaland & Vandvik 1998; Kvamme et al. 2004). Hastigheten på skogspreddningen varierer imidlertid en god del, og den er åpenbart knyttet til avstand til spredningskilder for frø, men også til klima. Sør for Sognefjorden er det stort sett bare i de områdene som skjøttes aktivt med beite og brenning at det er mulig å holde skogen unna. For øvrig har prosessen kommet så langt at det bare er restområder med lyngheier igjen helt i vest. Mellom Sognefjorden og Trondheimsfjorden har ikke prosessen kommet like langt, men også her er det i dag et betydelig spredningspress fra skogen. Nord for Trondheimsfjorden har skogspreddningen foreløpig vært langsommere, selv om det også her foregår en betydelig endring av vegetasjonen når bruken opphører. Det er grunn til å forvente at et varmere klima med lengre vekstsesong vil kunne påvirke dette mønsteret i vesentlig grad, og at tilgroingen med skog vil bli mer synlig også i de nordligere kyststrøkene.

I tillegg til effekten på utbredelsen av eksisterende arter, kan klimaendringene føre til økt spredning av nye arter som i dag ikke klarer seg så langt nord. Som nevnt i forrige avsnitt kan dette i noen tilfeller bli et problem når kulturlandskapet ikke lenger holdes i hevd. Eksempelvis har det enkelte steder alt foregått en storstilt spredning av lupiner i tidligere beitesamfunn, og med et varmere klima kan dette bli langt vanligere. Likeledes er det flere gyvelarter innen slektene *Genista*, *Cytisus* og *Ulex*, som med mindre endringer i klima, fort vil kunne etablere seg og bli vanlige. Dette er arter som mange steder for eksempel i Danmark og

Storbritannia utgjør et stort problem i åpne landskap med hei- og grasvegetasjon.

I menneskeskapte naturtyper vil det ofte over tid utvikles finstemte interaksjonen mellom arter som kan ha svært forskjellig utgangspunkt. Det er derfor slett ikke sikkert at de vil få en likeartet reaksjon på fremtidige klimaendringer. For eksempel er det et nøye samspill mellom blomstringstid for en del planter og klekkingen av enkelte insekter. Hvis disse forskyves på ulike måter som følge av klimaendringer kan det få dramatiske konsekvenser. Dette vil kunne gå ut over forhold som bestøvning og frøspredning hos planter, insektsfaunaens sammensetning eller fuglearters overlevelsessevne.

En konsekvens av klimaendringene kan bli at det vil være nødvendig å gjøre tilpassninger i de tradisjonelle driftsmåtene når framtidens skjøtselstrategi for kulturlandskapet skal utvikles. For eksempel har de fuktigere vintrene de senere årene gjort det vanskeligere å gjennomføre tradisjonell brenning av kystlynghei. Tilsvarende problemstillinger kan tenkes også ved skjøtsel av andre typer kulturlandskap. Lengre vekstsesong og varmere somre kan gi muligheter for andre beitestrategier enn dem som tradisjonelt har vært optimale. Generelt går endringene i kulturlandskapet i dag så fort, både av driftsmessige og klimatiske årsaker, at tradisjonell skjøtsel ofte er utilstrekkelig. Disse utfordringene kan bare løses med mer empirisk basert kunnskap om økologiske prosesser knyttet til restaurering og skjøtsel av ulike typer kulturlandskap.



Artsrike slåtteenger er i dag truet av gjengroing pga. opphør av skjøtsel mange steder. Et varmere klima vil kunne bidra til enda raskere gjengroing. Foto: Akse Østebrøt.

Myr

Naturtypen myr omfatter økosystemer som karakteriseres ved tidvis vannmettet miljø, at produksjon av organisk materiale er større enn nedbrytningen og at den danner sitt eget substrat – torv. De fleste myrtyper er artsfattige systemer med mange arter som er spesialister på å klare seg i et slikt miljø. Artene i slekten torvmose (*Sphagnum*) er særlig viktige miljøfaktorer på mange myrtyper.



Fra Forramyren. Foto: Lars Løfaldli

Noen karakteristika for naturtypen myr

- økosystemer med tidvis vannmettet miljø, redusert nedbrytning av organisk materiale og torvdanelse
- dekker store arealer nedenfor og til dels ovenfor og nord for grensa for sammenhengende skogdekke, men er i lavereliggende områder i stort omfang forvandlet til andre naturtyper, f.eks. skog og jordbruksareal/dyrket mark
- Fennoskandia blant de områdene i verden med mest myr, omtrent 10 % av Norges areal er myr
- abiotiske faktorer som klima (temperatur, vind, nedbør), berggrunn og lokalpografisk posisjon er viktige økologiske faktorer
- inndelingen i myrtyper baseres på næringstilgang, hydrologi og dels på utforming (cf. Moen 1998)
- i klimasammenheng er nedbyrsmyrer og palsmyrer de mest aktuelle:
 - nedbørsmyrer får all næring og vanntilførsel fra nedbøren, to hovedutforminger: høymyrer (indre Østland og Trondheimsfjorden) og terrengdekkende myr (kyststrøk fra Rogaland til Bodø).
 - palsmyrer har en kjerne av is og helårig frossen torv (permafrost) og er spesielt utsatt for varmere klima
- myrer er følsomme for fysiske/tekniske inngrep, og mange rikmyrer er drenert og dyrket opp
- mange tradisjonelt utnyttet til slått og beite (slåtte- og beitemyr), er i dag truet
- slått vanlig på alle typer fastmattemyrer, særlig rikmyrer, og fortsatt hevd betinger artsinnholdet der

Aktuelle klimaeffekter.

Det er ikke innrapportert forskningsresultater som belyser effekten av fremtidige klimaendringer på norske myrsystemer. Ut fra eksisterende kunnskap er det likevel mulig å peke på enkelte generelle utviklingstrekk. Torvtilvekst er en særdeles langsom prosess, og det vil ta lang tid før eventuelle



effekter av klimaendringene vil kunne observeres.

Trolig vil nedbørsmyrene og palsmyrene være de mest følsomme. Nedbørsmyrene er ekstremt avhengige av nedbørens mengde og kjemiske innhold. Selv små endringer i dette vil kunne få konsekvenser på sikt. Palsmyrene vil være mest påvirket av endringer i temperaturregimet og vekstsesongens lengde (se tekstboks under). Jordvannsmyrene vil neppe i samme grad bli berørt av klimaendringene.

Med økende nedbør, høyere humiditet og mildere vintre kan det tenkes at de terrengdekkende myrene langs kysten kan etableres lenger innover i landet enn i dag. Samtidig viser både norsk og britisk forskning at denne typen myrer også er avhengig av et åpent landskap, og med dagens gjengroingshastighet er det derfor lite trolig at det vil bli en særlig merkbar spredning av atlantiske nedbørsmyrer på Vestlandet. I Midt-Norge og på

Helgelandskysten kan muligens klimaendringene få større effekt for disse myrtypene. Noen steder kan nedbørsmyrer kunne bli negativt påvirket av økt nitrogentilførsel, noe som bl.a. vil være en indirekte effekt av høyere nedbør. Økt nitrogentilførsel vil forstyrre torvmosenes nitrogenmetabolisme og dermed vil det bli mer nitrogen tilgjengelig for karplantene. Dette vil på sikt påvirke myrøkosystemenes struktur og funksjon (Paulsen 1997).

Når det gjelder Østlandets høymyrer, kan de bli negativt påvirket av høyere sommertemperatur. Dette vil føre til økt fordampning, økt oksygentilgang i overflaten, raskere omsetning og lavere torvtilvekst, særlig på tuestrukturer. Dette kan over tid tenkes å gi seg utslag i forhold til artsinnhold, struktur og økologiske forhold.

Hyppigere forekomst av situasjoner med ekstremnedbør vil øke risikoen for flom og skred. Dette vil medføre større fare for erosjon i forhold til de fleste myrtyper. Torvavsetninger er svært sårbare overfor erosjon, da dette medfører senking av vannspeilet, økt oksygentilgang og mer omfattende nedbrytning av organisk materiale. I verste fall kan en erosjonsgrøft føre til total endring av hele myras struktur og artssammensetning.

Noen invertebrater lever hovedsakelig på myrer i lavalpin region. Det finnes myrer i lavalpin sone, men ikke i mellom- og høyalpin sone. Da myrer dannes gjennom tusener av år, vil en relativt rask heving av skoggrensen kunne gjøre høyfjellet uegnet som levested for slike myrlevende arter.

Palsmyr – en spesielt utsatt myrtype

Palsmyr er en type myr der en kjerne av is og helårig frossen torv (permafrost) vokser til en torvdekket haug i terrenget (en pals) som kan variere fra under 1m til flere meter i høyde, og som kan bli flere hundre kvadratmeter store. Ellers består myrflaten av en mosaikk av torvmark uten permafrost, og hele palsmyr-systemet er meget dynamisk over tid, med nydannelse, vekst og nedbrytning av palsene.

I Norge forekommer palser i myrmarker hovedsaklig innen to regioner, en begrenset til Dovre- Femunden området i sør og en stor i nord som dekker store deler av Troms og Finnmark.



Palsmyr i Ostrojeaggi, Troms.
Foto: Annika Hofgaard

Det kontinentale klimaet som dominerer i disse områdene er forutsetningen for dannelse og overlevelsen av palsmyrer. Skandinavia ligger ellers i en relativt varm og fuktig klimaregionen, med sterk innflytelse av atlantiske luftmasser. Klimaendringer som påvirker den regionale eller lokale innvirkningen av disse luftmassene (dvs. påvirker graden av oseanitet), kommer til å påvirke palsmyrenes utbredelse og struktur i Skandinavia. Under siste del av 1900-tallet har utviklingen av palsmyr-områdene vært dominert av tilbakegang, selv om også noe nyutvikling har forekommet. F.eks. viser studier fra Laivadalen i nordlige Sverige en 50% tilbakegang av palser og ingen nydannelser i perioden 1960 - 1990.

Lufttemperatur, snødybde og torvens isolerende evne er de tre dominerende faktorene som styrer vekst og degenerering av palsen. Lave lufttemperaturer under både sommer og vinter er fordelaktig for utviklingen av palser, og dybde, fordeling og varighet av snø i løpet av vinteren er av avgjørende betydning for dannelsen og veksten av permafrost. Ikke for varme, men tørre somre er fordelaktig for opprettholdelsen av palser, gjennom at torvens isolerende evne maksimeres ved tørre forhold, noe som gjør at varmeakkumuleringen nedover i palsen dermed blir minimert, spesielt hvis det ikke er for varmt. Et endret klima med varme, fuktige somre har motsatt effekt og øker nedbrytningen av myren. Lengre perioder med varmt og fuktig klima kan endre palsmyrmarker til myr dominert av våt mose- og starrvegetasjon og dammer og uten særlig mange tørre høyder og palser.

Et tykt snødekke hindrer kulden å trenge ned i myra og torven, slik at en økning av snødekkets dybde og varighet kan hindre nydannelse av palser, samt bidra til høyere nedbrytning av permafrost i eksisterende palser. Snødybde og torvtemperatur varierer dog lokalt pga småskalige variasjoner i topografi, vegetasjonsstruktur og vindens påvirkning. I tillegg styrer en iboende suksessjon av utviklingsstadier fra initiering og til forfall av individuelle palser dynamikken i palsmyrene. Palsmyrenes utvikling kontrolleres således av komplekse relasjoner og interaksjoner mellom abiotiske, biotiske og klimatiske forutsetninger.

Kilder: Hofgaard 2003; 2004.

Ferskvann

Norge er rik på ferskvann. De fleste ferskvanns-økosystemer i Norge er næringsfattige og ionefattige, og er lite direkte påvirket av menneskelige aktivitet, mens en del er utsatt for forurensning. Ferskvannøkosystemer er av stor samfunns- og økonomisk verdi gjennom sportsfiske, næringsfiske, turisme og rekreasjon. Dessuten brukes overflatevann til drikkevannskilder, jordbruksvanning, vannkraft, og som resipient for avløpsvann fra industri, renseanlegg og jordbruk.



*Kveldstemning over innsjø i Øvre Pasvik.
Foto: Kristine O. Stene*

Noen karakteristika for naturtypen ferskvann

- innsjøer i Norge ble formet under istiden, de fleste er næringsfattige og ionefattige og relativt artsfattige, samt lite direkte påvirket av menneskelige aktivitet – dvs. de er ikke forurenset fra lokale kilder; ferskvannsøkosystemer i Norge har mange felles trekk med vann i Sverige og Finland, og med vann i hele de nordlige boreale klimasone (Russland, nordlige USA og Canada).
- Norge er rik på ferskvann; cirka 5 % av Norges areal er dekket av innsjøer og elver.
- ferskvann er av stor samfunns- og økonomisk verdi for Norge gjennom sportsfiske, næringsfiske, turisme, rekreasjon, overflatevann brukt til drikkevannskilder, jordbruksvanning, vannkraft, og som resipient for avløpsvann fra industri, renseanlegg og jordbruk.
- store deler av Sør-Norge er påvirket av sur nedbør, mange innsjøer og elver er forsuret med skade på fiskebestander og andre økologiske effekter; reduksjon av sur nedbør siden 1990 har ført til delvis restituering av forsurede vann, men fortsatt er skadeomfanget stor.
- noen innsjøer og elver er eutrofe –resipienter for næringsstoffer fra landbruk, kloakk og industri; eutrofiering har ført til dels store forandringer i disse innsjøer, med negative konsekvenser for bruk av vannet til bading og drikkevann
- elver i Norge er mange og delvis store; typisk for disse er rene, relativt upåvirkede økosystemer i øverste strekninger, men mer påvirket av forurensninger og andre inngrep i nedre strekninger.
- mange gode lakse- og sjøørretelver
- mange elver er påvirket av diverse fysiske/tekniske inngrep i forbindelse med vannkraftutbygging



Stavsvatn, Telemark. Fjellsjøer i Norge er spesielt utsatt for klimaendringer. Mange organismer i disse økosystemer lever nær deres eksistensgrense. En liten forskyving i temperatur kan gi store påvirkning i vekst og reproduksjonsrate. Foto: NIVA

Påviste effekter av klimaendringer i Norge

Klimaendringer vil endre vannføring og sesongvariasjoner i vanntemperatur i lakseførende strekninger av elver i Norge. Mange av de kritiske faser i laksens liv er styrt av vannføring og temperatur. Jonsson et al. (2005) viser at utvandring av smolt styres av temperatur og utvandringstidspunktet er relatert til klima. Lignende effekter kan forventes på oppvandrings- og gytetidspunkt og tidspunkt for eggklekking, som også påvirkes av temperatur (Jonsson et al. 2004). Sjøørret viser likeledes samme tendens (Jonsson et al. 2002). Også veksten hos smolt er vist å være sterkt positivt korrelert med faktorer som temperatur, vannføring og NAO (figur 11, Jonsson 2005).

Isdekke på elvene om vinteren er også av avgjørende betydning for overlevelse av smolt. Finstad (2005) har sett at i regulerte elver i Nord-Norge kan vinteroverlevelsen være lav og knytter dette bl.a. til redusert isdekke. Overlevelsen til laksen er relatert til hvor fort fettreserver brukes opp, og et varmere klima med redusert isdekke vil øke lysinnstrålingen, noe som igjen fører til at fiskens energiforbruk øker, og de forbrenner mer fett. Når isen er borte, må også fisken bruke energi på å gjemme seg for fiender som isen ellers ville ha beskyttet mot, og de får mindre tid til mattinntak.

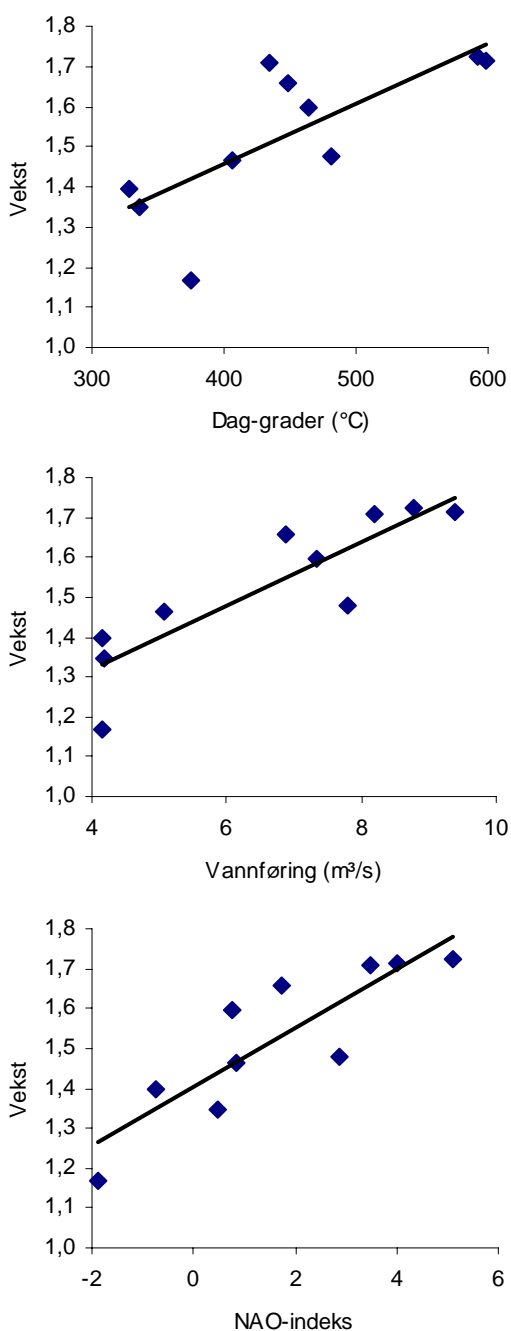


Fig. 11. Forholdet mellom vekst i løpet av første leveår for smolt og 1) daggrader, 2) vannføring og 3) NAO-indeks. Kilde: N. Jonsson.

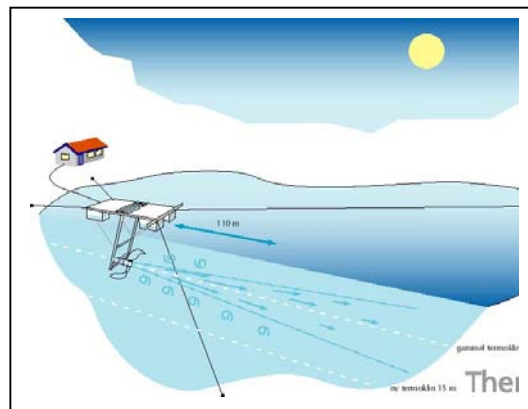
Totalresultatet er at fisken forbrenner fett raske, og færre overlever vinteren (Finstad et al. 2004; Finstad 2005).

Endringer i isleggingen av elver og bekker vil også påvirke hvordan dyr på land kan utnytte vassdragene. Bestander av fossekall nyter godt av mildere vintrer med lettere tilgang til næringsdyr i vannet. Milde vintrer fører dermed til bedre vinteroverlevelse og større hekkebestand for denne arten (Sæther et al. 2000).

Undersøkelser utført av Brittain og Milner (2001) i to norske elver viser at også insektsamfunnet er sterkt styrt av vanntemperatur. Eventuelle fremtidige endringer i temperatur vil derfor kunne påvirke insektsamfunn i norske elver.

Ekspirer utført på skogsøkosystemer viser at økt temperatur kan føre til økt utvasking av nitrogen fra lageret i jordsmonnet (van Breemen et al. 1998; Wright 1998). Dette kan føre til økt forsuring i følsomme elver og innsjøer og økt tilførsel av næringsstoffer til kystnære marine økosystemer. Forsuring medfører skader på innlandsfisk (som f. eks. ørretbestand i innsjøer). CLIMEX prosjektet (se tekst boks) viser at klima endrer nitrogensyklusen på land, som gir virkninger nedstrøms.

Fremtidig klima kan innebære økt vind med hyppigere og kraftigere stormer. Vind er en av faktorene som driver vertikal sirkulasjon i innsjøer. Dette ble undersøkt i et storskala eksperiment kalt THERMOS (Lydersen et al. 2000, 2003). THERMOS var et 6-årig prosjekt hvor sirkulasjonen i en liten innsjø ble kunstig økt ved hjelp av en stor undervanns elektrisk-drevet propell. Effekter på alle hovedkomponenter i økosystemet ble undersøkt i innsjøen (Breivann nær Oslo) og i en



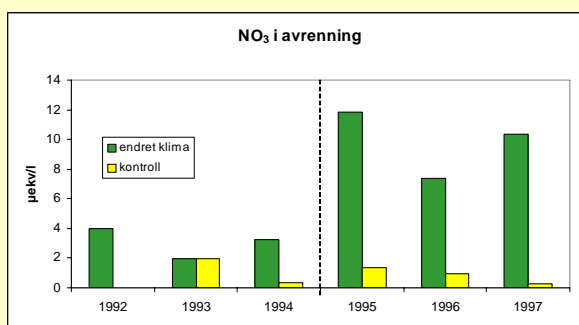
Illustrasjon av THERMOS prosjektet. Kilde: NIVA

CLIMEX prosjektet – et studie som inkluderte både land og vann

CLIMEX var et drivhus bygget over et helt skogkledd nedbørsfelt, hvor luftens CO₂ innhold og temperatur ble økt eksperimentelt. Effektene på vegetasjon, jord og vann ble målt. Eksperimentet pågikk i 3 år fra 1995-1997. Trærne, lyngen og blåbær blomstret tidligere og vokste bedre. Vekstsesongen ble forlenget. Plantene utnytter vannet bedre. Tempoet på viktige jordprosesser økte på grunn av økt temperatur. Organisk materiale lagret i jordsmonnet ble raskere brutt ned og dette førte til bedre tilgang av nitrogen til plantene og økt utvasking av nitrogen i avrenningsvann. Eksperimentet viste at et fremtidig varmere klima kan føre til at skogen blir en netto kilde av karbon til atmosfære og netto kilde av nitrogen til vann og vassdrag.



Foto: NIVA



Konsentrasjoner av nitrat i avrenningsvann fra et skogskledd nedbørsfelt etter 3,7 °C økning i temperatur og økning i CO₂ i luften til 550 ppmv. Etter Wright (1998).

referanseinnsjø like ved (Store Gryta). Undersøkelsene pågikk 3 år før behandlingen startet (1998-2000) og 3 år med behandling (2001-2003). Resultatene viser at dette inngrepet i innsjøens temperatur og sjiktning førte til forbausende små endringer i økosystemet. Et tilsvarende inngrep i andre typer innsjøer kan imidlertid ha mye større effekt.

Når man kommer høyt nok til fjells, forventer man muligens at mer nedbør vil falle som snø om vinteren. Undersøkelser utført av Borgstrøm (2001) på ørretbestander i høyfjellsjøer på Hardangervidda, viser at vintre med mye snø fører til sen isgang på våren og kortere vekstsesong for fisken. Samtidig er det vist at vintre med lite snø fører til at gytebekkene fryser og reproduksjonen svikter. Ørretbestand kommer mellom "barken og veden", og en liten varig forskyving i klima kan ha store konsekvenser.

Ekstreme hendelser som storm og flom kan ha store effekter. Det er ventet at fremtidige klimaendringer også vil innebære økt hyppighet og intensitet av ekstremvær. Et eksempel på økologiske effekter av en ekstrem storm er fiskedød som skjedde som følge av stormen langs kysten av sørvestlandet i januar 1993 (Hindar 1993; Hindar et al. 1994). Stormen førte til at ekstremt mye sjøsalter ble pisket opp fra sjøen til luften og

avsatt innover land langs kysten. Det ble en kraftig forsuringsepisode med død ørret i en rekke vassdrag, som Sogndalsvassdraget vest for Kristiansand og i Kvina i Vest-Agder.

Økologiske konsekvenser

Effekter av endret klima på ferskvannøkosystemer er mange og komplekse. I de senere år har flere forskere utarbeidet litteratursammenstillinger om effekter i ferskvann. En av de første er skrevet av Carpenter et al. (1992). Schindler (1997; 2001) har gjennomgått tilgjengelig litteratur om effekter på kanadiske ferskvannforekomster. Nylig har det arktisk samarbeidsprosjektet ACIA (Arctic Climate Impact Assessment) kommet med en omfattende sluttrapport med et eget kapittel over mulige effekter på arktiske ferskvann (Wrona et al. 2005).

Klimaendringer kan påvirke ferskvannøkosystemer på tre ulike måter:

- direkte via organismers respons til endret temperatur, vannføring, m.m.,
- indirekte via endringer i nedbørsfeltet som gir endret tilførsel av næringsalter, forsuring, avrenning, m.m. Disse gir i sin tur effekter på organismer,
- sekundært ved at direkte eller indirekte påvirkning på en eller flere arter fører til videre endringer i andre organismer eller prosesser i

økosystemet. Et eksempel på dette kan være om varmere vann fører til at en røyebestand svekkes slik at ørretbestanden øker.



Et typisk skogsvann i Norge. Klimaendringer her kan påvirke humusinnholdet, og dermed temperatursjiktning, primærproduksjon, og mobilisering av tungmetaller som kvikksølv. Foto: NIVA

Et varmere klima vil påvirke fysiske forhold i innsjøer og rennende vann. Den isfrie sesongen vil bli lenger, vanntemperaturen høyere og temperatursjiktningen i innsjøer mer markant. Noen innsjøer som er islagt om vinteren, kan bli isfrie. Alle disse effektene vil påvirke organismer i vannet. Både produksjon, biomasse, livssyklus og artssammensetning kan forventes å bli endret. Varmere vann vil innskrenke den tilgjengelige økologiske nisje for arter som trives i kaldt vann. Varmekjære arter vil kunne bli mer utbredt og ta større plass i økosystemet. Arter som i dag knapt greier å fullføre livssyklus i løpet av et år, vil potensielt kunne få flere sykluser per år. Særlig arter på lavere trofiske nivåer vil kunne spre seg mot nord og mot høyereliggende vannforekomster. Generelt vil produksjon og biomasse på lavere trofiske nivåer øke, og dette vil i sin tur påvirke organismer på høyere trofiske nivå. Indirekte effekter via endringer på land kan være mange. Økt temperatur og nedbør kan gi økning av løst organisk materiale (humus) i avrenningsvann, og dette vil endre lysforhold i innsjøer. Sammen med

vindstyrke og lufttemperatur vil humus påvirke temperatursjiktning og dermed både primærproduksjon og artssammensetning av plankton.

Klimaendringer vil virke i samspill med andre miljøfaktorer. Spredning og økologiske effekter av fremmede arter vil kunne påvirkes av klimaendringer. Det er mulig at introduserte arter fra varmere strøk vil kunne spres lettere med et varmere klima.

Klimaendringer vil også påvirke effekter av forurensninger på ferskvannsøkosystemer. Restituering av innsjøer og elver fra forurensningsskader som følge av redusert sur nedbør kan bli satt tilbake hvis hyppighet og styrke av ekstreme sure episoder øker som følge av klimaendringer. Økt stormfrekvens kan således forsinke full restituering av bestander av fisk og invertebrater. Forurensning fra tungmetaller, særlig kvikksølv, vil også kunne bli påvirket ved endringer i temperatur og nedbør, bl.a. gjennom økt mobilisering og tilgjengelighet. Kvikksølv akkumuleres i ferskvannfisk, og særlig i nordlige boreale strøk kan fisk ha høye konsentrasjoner av kvikksølv (så høy at de kan være farlig å spise). Også organiske mikroforurensninger i ferskvannsorganismer kan påvirkes tilsvarende.

Kyst

Kysten er områdene nærmest havet. Kyst har ingen presis definisjon som naturtype, men består av strandsonen (grensen mellom land og hav) og de landområdene hvor havet har en dominerende påvirkning på klima, økosystemer og arter, samt de marine områdene nærmest land som er påvirket av tidevannet (littoralsonen). Ellers er kystlandskapet preget av en blanding av ulike naturtyper og økosystemer som i lang tid har vært sterkt utnyttet av mennesker.



Kystlandskap ved Stavern. Foto: Svein N. Norberg

Noen karakteristika for naturtypen kyst

- naturtypen kyst på land har ingen allment akseptert presis definisjon, men kan beskrives som områder nær havet/sjøen som er påvirket av tidevann, saltsprut eller tett kobling til havklimaet; kystens natur og økosystemer deles ofte inn i ulike typer etter substrat (berg, stein, sand, mudd), terrengform, hydrologi, vegetasjon og menneskelig påvirkning
- kysten inkluderer også det marine økosystemet i littoralsonen (kyst kan også omfatte en bredere sone i det marine miljøet, men dette er her behandlet under kapittel om hav)
- kystens nærhet til havet har stor innflytelse på klimaet (høy luftfuktighet, milde vintrer, lavere sommertemperatur enn i innlandet, lang vekstsesong, sterk vindpåvirkning) og på næringskjeder med stedvis stor tilførsel av marin næring
- det marine miljøet er sterkt påvirket av tidevannsfluktuasjoner, strømminger og transport av næringsstoffer, og mange områder er sterkt påvirket av elver og avrenning, med innflytelse av ferskvann, næringssalter, slam og evt. forurensning
- Norges kyst med lange innskutte fjorder skaper en sterk vest-øst gradient i innflytelsen fra havet, med et sterkt oseanisk klima i ytre strøk og et nærmest kontinentalt klima i indre strøk
- kystens landskap og økosystemer på land er svært variable, med forekomst av ulike naturtyper, i stor grad kulturbetingete, ofte i mosaikk med hverandre
- områder under innflytelse av tidevannet har spesielle karaktertrekk
- kystens ulike økosystemer på land er sterkt påvirket av langvarig menneskelig utnyttelse, men er i dag mange steder preget av sterk gjengroing på grunn av opphørt drift

Påviste effekter av klimaendringer i Norge

Planter og vegetasjon

Det er ikke dokumentert direkte klimaeffekter på landplanter og vegetasjon spesifikt for naturtypen kyst i Norge. Vi kan regne med at plantene på kysten i stor grad svarer på klimaendringer omtrent på tilsvarende måte som er påvist for naturtyper som skog og kulturlandskap (se ellers avsnittet om økologiske konsekvenser nedenfor). Når det gjelder planteplankton og alger i sjøen på kysten, vil de bl.a. bli påvirket av mer avrenning pga. mer nedbør. Denne avrenningen fører med seg slam, næringsstoffer og forurensning til kysten (Ibrekk et al. 1991). Store algeoppblomstringer på kysten er gjerne knyttet til eutrofiering og økt tilgang på næringsstoffer (Hegseth et al.

1995), og massedød av sukkertare på Sørlandet i de siste årene er blitt satt i sammenheng med eutrofiering og kraftig nedslamming av området (Hassel 2005). Man regner også med at varmere klima har ført til invasjon av en rekke planktonarter – f.eks. kolonimaneten *Muggiaea atlantica* som førte til stor fiskedød i 2002 (Hassel 2005).

Dyr

For kystens fugler og pattedyr har vi best dokumentasjon av klimaeffekter på sjøfugl. I tillegg finnes noe dokumentasjon av klimaets påvirkning på ankomsttiden om våren for gjess og andre trekkfugl.

Et hovedtrekk ved klimaeffektene på sjøfugl er den store betydningen endringer i havklimaet og strømmer har for mengde og tilgang på sjøfugle-

nes næringsdyr, spesielt sild, sil og lodde. Endringer av temperatur og strømmer i havet kan påvirke både mengde og fordeling av slike næringsdyr og dermed i hvilken grad sjøfuglene får fatt i tilstrekkelig næring av god nok kvalitet. Klimaet og fordelingen av næringsdyr vil også kunne virke forskjellig i hekkeområdene og i overvintringsområdene som kan strekke seg over store havområder. Effekten av antatte klimaendringer på havtemperatur og strømforhold vil ha ulik effekt på forskjellige næringsdyr langs kysten og vil dermed kunne virke positivt for noen arter av sjøfugl og negativt på andre (Durant et al. 2004a).

Hekkesuksessen til lundefugl på Røst har en positiv sammenheng med sjøtemperaturen, noe som er knyttet til tilgangen på sild av passende lengde i hekkeperioden (Anker-Nilssen & Aarvak 2002; Durant et al. 2003). Tidspunkt for hekking av lundefugl på Røst ser ut til å ha en kompleks sammenheng med klimaendringene. I periodene 1978-1985 og etter 1994 var gjennomsnittlig tidspunkt for klekking av egg negativt korrelert med vinterindeksen for den nord-atlantiske oscillasjonen (NAO, jf. kapittel 2), mens dette ikke var tilfelle i perioden 1986-1994 (Durant et al. 2004b). Negativ korrelasjon med NAO-indeksen tilsier at hekkingen starter tidligere etter milde vintrer med høy sjøtemperatur (høy NAO-indeks). Endringene i hekkestart i forhold til NAO-indeksen for de ulike tidsperiodene tilskriver forfatterne komplekse sammenhenger mellom klimaet og lundenes næringsdyr.

For overlevelsen av voksne sjøfugler ser det ut til å være forskjeller i hvilken effekt økte sjøtemperaturer har. For de fleste bestandene av lundefugl i Nordøst-Atlanteren ser det ut til å være liten effekt av sjøtemperaturer i overvintringsområdene på voksnes overlevelse fram til neste



Toppskarv er en art som er svært avhengig av næringstilgangen på kysten som påvirkes av havklima og strømninger. Foto: Nils Røv

heksesesong (Harris et al. 2005). Derimot viste fire av fem bestander en sammenheng mellom voksnes overlevelse og sjøtemperaturen rundt hekkekoloniene to år tidligere, noe som trolig reflekterer responsen til de viktigste næringsdyrene for hver koloni. For tre av disse bestandene var sammenhengen negativ (dvs. økte sjøtemperaturer ga dårligere overlevelse), mens for Røst var sammenhengen positiv. I motsetning til de øvrige bestandene som tar mest sil og lodde, livnærer kolonien på Røst seg i hovedsak av sild. Voksen lunde og lomvi fra Hornøya hadde også dårligere overlevelse ved økte sjøtemperaturer i overvintringsområdene i henholdsvis Norskehavet og Nordsjøen (Sandvik et al. 2005).

Både gjess og diverse andre trekkfugler knyttet til kysten, ankommer tidligere på trekket når våren kommer tidlig. Dette er vist for gjess sammenholdt med en indeks for vegetasjonens fotosynteseaktivitet (NDVI) (Tombre manuskript). Det er også vist for andre trekkfugler i Troms (også arter som ikke er spesielt knyttet til kysten) (Barrett 2002) i forhold til gjennomsnittstemperaturen i perioden mars-mai. Disse mønstrene er velkjente hos trekkfugler fra en rekke studier i Europa (jf. også kapittel om skog).

Når det gjelder marine økosystem på kysten, så er endringer her sterkt knyttet til endringer i hav og det er ingen klar grense mellom dem. En del av de effekter som er observert i hav, gjelder derfor delvis også for kyst (jf. kapittel om hav).

Økologiske konsekvenser

Høyere middeltemperatur med mildere vintrer, lengre vekstsesong og mer nedbør vil få konsekvenser for naturforholdene på kysten. Slike klimaforhold setter alt sitt preg på store deler av kystnaturen. Men særlig nord for Trondheimsfjorden vil mildere vintrer og lengre vekstsesong kunne påvirke plante- og dyrelivet i kystlandskapet på land. Arter som i dag ikke lever så langt nord, vil kunne etablere seg, særlig hvis det også blir en viss økning i sommertemperaturen. Samtidig vil den pågående gjengroingen av åpne, seminaturlige vegetasjonstyper øke i hastighet og bli mer synlig også i nordligere kystområder.

I sjøen vil det kunne bli store endringer i økosystemer som resultat av endringer i avrenning. Både eutrofiering som effekt av ekstra næringsalter, nedslamming og forurensning vil påvirke økosystemene. Med eutrofiering kan vi få kraftige algeoppblomstringer, der noen arter kan være giftige, noe som igjen kan gi store effekter på bestandene

til beitende arter. Store oppblomstringer av giftige alger har også tidligere vist å gi fiskedød – spesielt hos oppdrettsfisk (Dahl et al. 2004). Noen av algartene er introdusert til norske farvann gjennom ballastvann (Hopkins 2001), og problemene knyttet til fremmede arter (se tekstboks i kapittel 4) kan bli større pga. endringer i klima, hvis det fører til bedre forhold for dem. Med mer nedbør vil vi også forvente større tilførsel av ferskvann til kystsystemene, noe som kan føre til utvidede brakkvannsområder og brakkvannøkosystemer. Hyppigere forekomst av store nedbørsmengder vil kunne påvirke flomsituasjonen, særlig i brattlente fjordstrøk. Dette vil kunne gi varige endringer i de økologiske forholdene både på land og i vann.

Også temperatur i sjøen vil kunne ha direkte påvirkning på økosystemene. F.eks. er utbredelsen av store makroalger som tang og tare, sterkt knyttet til sjøtemperatur, og en økning i sommertemperatur vil kunne bety at de artsrike taeskoene på Vestlandet blir kraftig redusert (Sjøtun 2001). Samtidig vil høyere sommertemperatur føre til økt avsmelting fra breene, noe som vil påvirke vanntemperaturen i fjordene, noe som også vil ha innvirkning på samfunnene i kystområdene.

Mildere vintre og lengre vekstsesong i indre fjordstrøk vil redusere det kontinentale klimapreget i disse områdene. Til sammen vil disse faktorene kunne svekke dagens markerte øst-vest gradient i plante- og dyreliv langs de vestnorske fjordene. Mildere vintre vil generelt føre til at oseaniske arter kan spre seg noe lenger mot øst og nord. Med høyere temperatur og påfølgende endringer i strømminger gjelder dette også for plankton og fisk sjøen (jf. Hassel 2005).

En sannsynlig effekt av global oppvarming vil være økende havnivå (jf. tekstboks i kapittel 2). Dette vil få betydning for enkelte strandtyper, særlig sandstrender og strandenger. Økende generell middelvannstand og lokale endringer i tidevannsforskjellene vil kunne forrykke eksisterende balanse og dynamikk i sandstrendenes dynesystem. I kombinasjon med hyppigere stormfrekvens kan resultatet bli økt erosjon og sandflukt.

Strandenger er utformet i nøye samspill med lokale tidevannsforskjellene, og selv mindre endringer vil kunne få betydelige konsekvenser. På aktivt voksende deltaformasjoner vil økende middelvannstand trolig føre til at soneringer flyttes høyere opp på deltaviften, og hvis ikke denne alt er drenert eller oppdyrket, vil sonesystemet kunne overleve. Strandenger på ikke-dynamiske finav-

setninger vil derimot ha svært små muligheter til å overleve. I hvilken grad tilsvarende plantesamfunn vil kunne utvikles på nye lokaliteter, vil være avhengig av stabiliteten i framtidens havnivå.

Fuglenes ankomst om våren og starten på hekkesesongen synes å være tydelig knyttet til temperaturregimet (tidlig vår gir tidlig hekking), enten dette skyldes en effekt via tilgangen på egnet næring eller sesongmessig utvikling av habitatet. Dette mønsteret er trolig generelt for de fleste naturtyper. Selv om mønsteret synes å gjelde for de fleste fugleartene (jf. kapittel om skog), kan ulike arter ha forskjellige mønstre avhengig av sin spesifikke økologi, ikke minst knyttet til om de trekker fra vinteropphold i tropiske områder der klimautviklingen vil være annerledes enn hos oss. Isolert sett vil en tidligere start på hekkesesongen øke sannsynligheten for vellykket hekking og større produksjon og rekruttering til den voksne bestanden.



Kystvegetasjon, Nordmøre. Foto: Mari L. Sjong

For sjøfugler vil ungeproduksjonen henge nøye sammen med mengde og tilgjengelighet (i tid og rom) av egnet næring. Hvordan mengde og tilgjengelighet for de aktuelle næringselementene henger sammen med klimaendringer, vil imidlertid variere. For noen fuglearter i noen geografiske områder vil det være en positiv sammenheng mellom sjøtemperatur, næringstilgang og ungeproduksjon, slik det ser ut til å være for lunder på Røst. For andre fuglearter vil sammenhengen mellom sjøtemperatur og deres næringsdyr være negativ. Konsekvensen av en generell oppvarming av kystvannet og eventuelle endringer i kyststrømmer vil derfor variere for ulike arter og hekkeområder. Detaljert kunnskap om næringsøkologien til de ulike fugleartene og hva slags næringskjeder de inngår i, vil være nødvendig for å kunne konkludere nærmere om hvordan disse effektene faktisk vil vise seg i naturen.

Hav

Havet og dets innhold er en viktig bidragsyter til alt liv på jorden. Havet som økosystem er karakterisert av at alle hav har tilknytning til hverandre og at egenskapene til vann som medium har en betydelig mindre variasjon i temperatur enn i atmosfæren (høyere spesifikk varmekapasitet).



Altafjorden. Foto: Kristin S. Karlsen

Noen karakteristika for naturtypen hav

- omfatter saltvannsområdene utenfor grunnlinjen (utenfor kysten)
- deles i to hoveddeler, sokkelområdet og det oseaniske området. vannmassene deles i epipelagisk sone (ned til 200m dyp), mesopelagisk sone (ned til 1000 m) og bathypelagisk sone (ned til 6000 m). Epipelagisk sone går innover sokkelen mot selve kyststripen som kalles den littorale sone
- variasjonen i parametre som temperatur og saltinnhold i havet er ikke så høy som for de tilsvarende meteorologiske parametre på land
- det biotiske miljøet i havet er dominert av følgende livsformer: bakterier, alger, krepsdyr, maneter, bløtdyr, fisk og spesialiserte pattedyr
- algeformer som diatomeer og dinoflagellater er de dominerende produsentene. Av første ledds konsumenter er copepoder (små krepsdyr) svært viktige, og Calanus (raudåte) er den viktigste slekten
- næringskjedene i havet er komplekse, men i nordlige havområder er næringskjedene enklere og med færre arter
- havområdene har vært til dels intensivt utnyttet av mennesker i lang tid og mange fiskebestander er overbeskattet

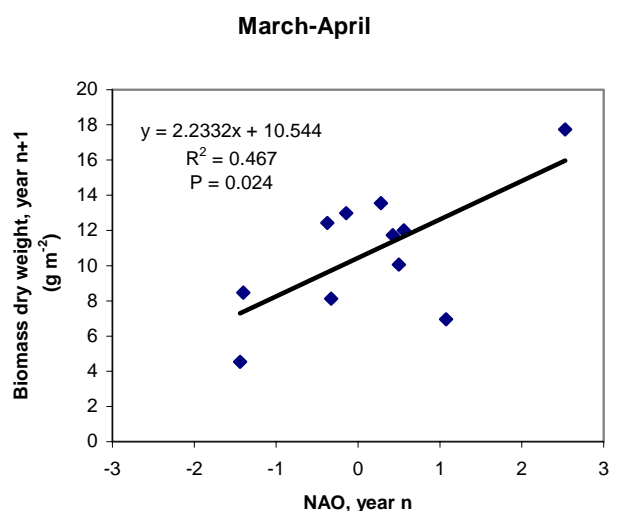
Påviste effekter av klimaendringer i Norge

Planktonproduksjon

Det er vist at den gjennomsnittlige dyreplanktonbiomassen i Norskehavet er positivt korrelert med en av de oftest brukte indeksene for klima, den nordatlantiske oscillasjonen (NAO, jf. kapittel 2) (figur 12; Melle et al. 2004). Der er ett års forsinkelse i korrelasjonen. Det vil si at NAO-indeksen for månedene mars-april er positivt korrelert med dyreplanktonbiomassen ett år senere. Høy NAO-indeks er sammenfallende med sterkere og mer sørvestlige vinder i Norskehavet. Månedene mars-april er også den viktigste reproduktive perioden for dyreplanktonet i Norskehavet. Dette antyder at klimaeffekten går gjennom planteplanktonleddet og at det er de sentrale reproduksjonsprosessene som påvirkes.

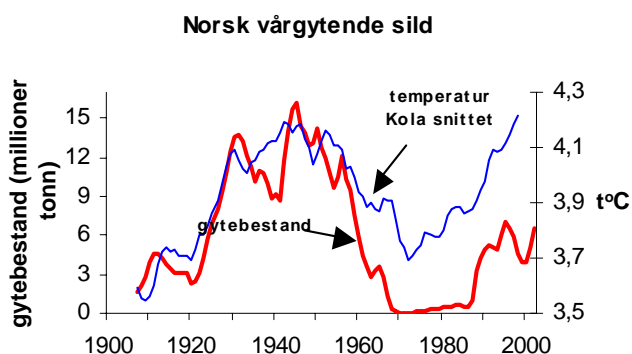
Konsumenter

En langtids populasjonsanalyse for norsk vårgytende sild for tidsrommet 1907 – 1998 viser at gytebestanden størrelse er korrelert med langtidsvariasjonen (årsnormalen) i Kolasnittet (figur 13; Toresen & Østvedt 2000). Kolasnittet er et hydrografisk snitt som går fra Kolahaløya og nordover i



Figur 12. Forholdet mellom den gjennomsnittlige nordatlantiske oscillasjonen (NAO) i månedene mars-april og den gjennomsnittlige dyreplanktonbiomassen i atlantisk vann i Norskehavet i mai ett år senere. Kilde: Melle et al. 2004.

Barentshavet, og som gir et rimelig godt bilde over innstrømmingen av atlantehavsvann til de nordøst atlantiske farvann.



Figur 13. Gytebestand av sild (rød linje) og temperatur (blå linje) for en periode på 90 år i nordøst Atlanteren. Langtidsfluktuasjonen i mengde er naturlig, men på slutten av 60-tallet bryter sildebestanden sammen pga. overfiske. (Etter Toresen & Østvedt 2000).

Temperaturen har sannsynligvis ikke en direkte påvirkning på sildemengden, men er en indikasjon på vannkvaliteter som begünstiger god rekruttering. Derfor sier vi at temperaturen er en indikasjon (proxy) for årsakssammenhengene mellom den ytre påvirkning og overlevelsen av fiskeyngel. Det er overlevelsen av sildeyngel som bestemmer årsklassestyrken til sild og som igjen bestemmer de naturlige fluktuasjonene i sildemengde. Fluktuasjonene som er beskrevet, er naturlige fordi fiskepresset under hele perioden er minimalt, bortsett fra i sammenbruddfasen (1965-1975). Vekst og kondisjon hos sild er også vist å være korrelert med havtemperatur, noe som spesielt gjelder for voksen fisk (Holst 1996).

Også hos torsk er det vist sammenhenger mellom havtemperatur og flere bestandsparametre. Norsk-arktisk torsk er én av 25 bestander av atlantisk torsk som er fordelt over hele Nordatlanteren fra Georges Bank utenfor Massachusetts til Labrador på vestsiden og fra den Keltiske sjøen til Kvitsjøen på østsiden. Det er et karakteristisk trekk at torskebestandene i den kaldeste delen av Nordatlanteren, slik som for norsk-arktisk torsk, viser bedret vekst og rekruttering i varme perioder, mens torskebestandene som befinner seg i den varmeste delen av utbredelsesområdet viser redusert rekruttering i varme perioder (Sundby 1994; 2000). Den økte produktiviteten for norsk-arktisk torsk i varme perioder er dels en direkte effekt av temperaturens virkning på individuell vekst, men



Bestand og kondisjon hos sild påvirkes sterkt av havtemperatur. Her: maisild. Foto: Greta S. Flåseth.

også resultat av indirekte virkninger gjennom lavere nivåer i næringskjeden. Spesielt er høy temperatur i Barentshavet knyttet til økt innstrømming av varme og dyreplanktonrike vannmasser fra den atlantisk-influerte delen av Norskehavet (Ådlandsvik & Loeng 1991). Slike endringer i innstrømming av Atlantisk vann er også knyttet til lavtrykksaktiviteten, herunder variasjonene i den Nordatlantiske svingningen (NAO). Det er vist at økt vindindusert turbulens i den tidlige larvefasen øker mulighetene for torskelarvene til å treffe på byttedyr (Fiksen et al. 1998), og på den måten kan vindforhold påvirke rekrutteringen både gjennom økt transport av planktonrike vannmasser og gjennom økt kontakt med byttedyr for den pelagiske yngelen. Økt temperatur i Barentshavet gir også økt produktivt areal, fordi isutbredelsen reduseres. Det er også vist en nær sammenheng mellom høyt leverinnhold og kondisjon og høy eggproduksjon for norsk-arktisk torsk (Lambert & Kjesbu 1999; Marshall et al. 2000; Yaragina & Marshall 2000). Således er både fiskens eggproduksjon og overlevelsen av egg og larver etter gyting gjennomgående høy under varme perioder med høyt næringsgrunnlag.

Også endringer i utbredelsesmønstre er observert hos fisk. Norsk vårgytende sild vandrer ut i Norskehavet om sommeren. Resultater fra tokt i området viser at silden fordeler seg i havet i forhold til temperaturforholdene (Jakobsson & Østvedt 1999). I varme år fordeler silden seg over større områder og lenger vest i Norskehavet, til nordkysten av Island, fordi de varme vannmassene fra den transatlantiske strømmen (Golfstrømmen) brer seg inn i disse områdene. Dette mønsteret ble funnet i årene 1950 – 1965, som var forholdsvis varme år i Norskehavet. I kalde år (1965 – 69) fikk silden en mer nordøstlig utbredelse, og den fulgte da de varme strømmene opp mot Bjørnøya.

Hos torsk har man sett at i varme perioder foregår gytingen lengre nordover langs kysten, mens i kalde perioder blir gytefeltene forskjøvet sørover. De eldre årsklassene, og den største fisken, har en tendens til å være fordelt lengre vest i Barentshavet enn de yngste og minste. I en varm periode i forrige århundre (1940 – 1960) var det betydelig mindre gyting av skrei syd for Lofoten. På kysten av vest Finnmark var det derimot observert gyttende torsk i denne perioden. Lofoten var imidlertid stadig det viktigste gyteområdet. (Nakken & Raknes 1987; Sundby & Nakken 2005).

Også utbredelsen av nye arter ser ut til å øke i norske farvann. Man har i senere år bl.a. observert til dels store mengder kolmule i Barentshavet (interne toktrapper, Havforskningsinstituttet). For 15 år siden var kolmule en fremmed art i dette havområdet. Det samme gjelder utbredelsen til nordøst atlantisk makrell. I sommerhalvåret vandrer den inn i Nordsjøen og nordover langs norskekysten for å beite, og i takt med en temperaturøkning observeres makrell stadig lengre nord. For 20 år siden var det utenkelig å observere makrell i Barentshavet.

Økologiske konsekvenser

Planteplankton

Klimaendringer/fluktuasjoner påvirker planteplanktonproduksjonen i havet gjennom vekslinger i værtypen om våren. Intensiteten av primærproduksjonen er bestemt av næringssaltmengden i vannsøylen og lyset. Mengden næringsalter er bestemt av oppblandingen av næringsrikt vann fra dypere vannlag, og denne oppblandingen er for en stor del bestemt av turbulens i vannsøylen. Dersom det er urolige værtyper om vinteren og våren, med sterke vinder, blir det tilført større mengder næringsalter fra de dypere vannlag. Hvis den urolige værtypen vedvarer, skjer denne blandingen over lengre tid, og dette kan påvirke produksjonen positivt dersom de urolige værtypene er avbrutt av perioder med høytrykk og mye sol (Sakshaug et al. 1995). Det er også velkjent at blant primærproducentene, er diatomeene mest tallrike i de nordlige farvann, mens dinoflagellatene er mer fremtredende og dominerende i varmere farvann. En klimaendring vil derfor sannsynligvis påvirke primærproduksjonen i havet ved at man får økt andel av dinoflagellater i økosystemene langs norskekysten.

Dyreplankton

Den stående biomasse, eller den til enhver tid eksisterende mengde, av dyreplankton som finnes

Effekter av økt CO₂ på havmiljøet

CO₂ er en av drivhusgassene som øker i atmosfæren, og bidrar til global oppvarming. Havet har hittil tatt opp minst 1/3 av de totale utslippene til atmosfæren, og vil fortsette å ta opp CO₂. For biologiske systemer på land er det gjort en del forskning som viser at visse planter reagerer positivt på økt CO₂ opp til et visst nivå, andre ikke. I havet er det bare gjort eksperimenter med økt CO₂ på noen få marine arter og ikke på økosystemskala. Havet står for omtrent like stor primærproduksjon (fra solenergi til biomasse) som landmassene, og forskningen tyder på at endringene i CO₂ kan ha dramatiske effekter i et 100-års perspektiv både for storstilte biogeokjemiske prosesser i verdenshavene, for nøkkelararter bl.a. av planteplankton, og for organismer som korallrev.

En økning av CO₂ i havet vil også føre til en lavere pH, og en har allerede sett en global forsuring av overflatevannet med en reduksjon på litt over 0,1 pH-enheter siden starten av den industrielle revolusjonen. Det forventes en ytterligere reduksjon på 0,3 pH-enheter eller mer i løpet av de neste 100 årene, avhengig av utslippsscenarioer.

Eksperimenter viser store forstyrrelser på viktige algearter og kalkdannende organismer som koraller, når disse utsettes for CO₂-nivå som er forventet i dette århundret. Kalkskall dannes seinere eller ikke i det hele tatt. Forskjellige algearter har også forskjellig evne til å nyttegjøre seg karbon, og eksperimenter har vist at konkurranseforholdene mellom disse artene endrer seg med endret CO₂-nivå. Strukturen til store marine økosystemer kan derfor forventes å endre seg.

Kilde: Haugan et al. 2006



Koraller er utsatt for endringer i CO₂ nivået i havet. Foto: Pål B. Mortensen, HI

i havet, er et resultat av vekst og dødelighet. Veksten er primært styrt av mattilbudet (planteplankton). Dødeligheten er bestemt av mengden predatorer (fiender) som beiter på dyreplanktonet. I tillegg vil organismenes adferd være avgjørende for interaksjonen mellom bytte og predator. Både vekst og dødelighet reguleres også av de fysiske omgivelsene, slik som temperatur, lys og omrøring. Et varmere klima kan således komme til å øke dyreplanktonbestandene, enten gjennom planteplanktonleddet (mattilbudet) eller gjennom direkte påvirkning på vekst hos dyreplanktonet.



Biomangfold på havbunnen. Foto: Terje Olsen.

Fisk

Klimaendringer påvirker overlevelse av yngel og dermed hele bestandsdynamikken for flere av våre viktigste fiskebestander. Nordøst arktisk torsk og norsk vårgytende sild gyter i februar-mars langs norskekysten. Når eggene klekker, er larvene like etter avhengig av å finne passende konsentrasjoner av mat. Fiskelarver lever forholdsvis nær overflaten og flyter med den norske kyststrømmen nordover, og drifter etter hvert (ut på sommeren) inn i Barentshavet. Under driften er larvene avhengig av å finne zooplankton (*copepoder*). De tidlige larvestadiene er avhengig av å treffe oppblomstringen av zooplankton om våren. Jo større konsentrasjoner av zooplankton larvene finner, jo bedre vekst får de, og desto større sjanse har de for å overleve. Flere studier viser at det er en klar sammenheng mellom den individuelle veksten av larver og årsklassestyrken, både hos torsk og sild (Sundby 1994; Toresen 2001). Det er ikke bare konsentrasjonen av zooplankton som må være høy, for at larvene skal få god vekst. Det er også vist at det bør være turbulens i vannsøylen for at veksten skal bli god. Turbulens fremmer sjansen for en larve til å finne maten (Fiksen et al. 1998). Dessuten fremmer turbulens primærproduksjon om våren, og en veksling mellom turbulente forhold og rolige forhold om våren forlenger

produksjonstiden i havet og dermed blir det større sjanse for at larvene finner passende matpartikler (*copepoder*) (Sakshaug et al. 1995). Det er funnet en klar positiv korrelasjon mellom vindstyrken på Røst i mars-april og overlevelsen av sildeyngel (Sætre et al. 2002).

Også veksten til voksen fisk påvirkes av klimaendringer, og generelt kan man si at fisk som lever i nordlige farvann, får en positiv effekt på veksten ved økte temperaturer (Pedersen & Jobling 1989; Kjesbu et al. 1998). Økt individuell vekst hos fisk bidrar også til positive maternaleffekter som økt eggmengde og bedre kvalitet på eggene, som igjen kan gi økt bestandsstørrelse.

Fiskebestanders utbredelse endrer seg i forhold til mengde og tallrikhet i bestandene. Klimaendringer kan således virke indirekte gjennom effekter på bestandstørrelse, eller direkte gjennom å påvirke utbredelsen til en rekke av våre fiskebestander. Det er observert endringer i lokalisering av gytefelt, endringer i utbredelse i oppvekstområder for ungfisk og i beiteområder for voksen fisk, og endringer i områder hvor fiskebestandene overvintrer (Helle 1994; Helle & Pennington 1999). Det er ikke klart hvordan de enkelte arters utbredelse vil endres, men ved et varmere arktisk klima vil vi forvente at f.eks. torskebestanden vil øke sin utbredelse nordover og østover i Barentshavet.

Endringer i miljøet i havet påvirker således alle ledd i økosystemene, og det er vist at forandringer i miljøforhold påvirker reproduksjon, individuell vekst og utbredelse til planktonorganismer og fisk (Sakshaug et al. 1995; Melle et al. 2004, Sundby 1994; Ottersen 1996; Toresen 2001). Disse endringene kan være både kortvarige og langvarige og fører til endringer i interaksjonene mellom de forskjellige livsformer i økosystemene. Endringene er i de fleste tilfeller reversible, men "fjernes" for eksempel en fiskebestand fra systemet ved for høyt fiskepress, er det eksempler på at det tar svært lang tid før de tar seg opp igjen (norsk vårgytende sild) eller at de ikke tar seg opp igjen (Hokaido sild). I noen tilfeller kan derfor endringene være irreversible. Klimaendringer kan også forrykke utbredelsesområdene for artene. Konsekvensene av slike endringer på f.eks. vekst og rekruttering til høstbare fiskebestander er vanskelig å forutsi.

Arktis

De arktiske områdene representerer på mange måter yttergrensene for arters muligheter til å opprettholde de funksjoner som kreves for reproduksjon og overlevelse for bestander. Generelt minker artsrikdommen mot nord¹. Likevel har visse dyr (f.eks. fuglarter som hekker på myr og smågnagere) og plantegrupper (f.eks. vierartene og sildrene) hovedutbredelsen i nordlige økosystem. Barentshavet er grunt og høyproduktivt. Det er relativt få endemiske arter i Arktis – dvs. arter som bare finnes i dette området – men disse er igjen sannsynligvis ekstra sårbare og følsomme for endringer i livsmiljø slik som klimaendringer.



Nordenskiöld Land, Svalbard. Foto: Morten Ekker.

Noen karakteristika for naturtyper i Arktis

- i Norge er de arktiske naturtypene representert ved kontinentalt og oseanisk pregede høyarktiske øyer (Svalbard og Jan Mayen) og omkringliggende havområder
- den store forskjellen i fotoperiode mellom sommer og vinter som skyldes vinkelen på solinnstrålingen, preger områdets naturtyper og organismer, med mørke hele døgnet store deler av vinterhalvåret og midnattsol store deler av sommerhalvåret
- for store deler av området kommer gjennomsnittstemperatur for sommermånedene ikke over 4-5 °C, og for resten av året dominerer temperaturer under 0 °C
- kontinuerlig permafrost preger de terrestriske områdene, det biologisk aktive jordlaget er tynt og aktivitetsperioden meget kort
- biologisk mangfold spesielt på land er lav og avtar med en kraftig gradient mot nord, men de arktiske områdene er globalt viktige for de artsgrupper som forekommer rikelig (f.eks. moser og lav)
- marine områder er grunne og høyproduktive, selv om artsmangfoldet generelt er lavere enn i varmere farvann
- produksjonen i havet er stort sett begrenset til den isfrie perioden
- mange av artene er temperaturbegrensede, men overvintrende dyrearter har avanserte tilpasninger til kulde, vind og snø
- det er lav primærproduksjon og nedbrytingshastighet på land
- relativt korte næringskjeder med få arter representert i hvert ledd på land og i vann
- naturtypene er meget følsomme for direkte og indirekte menneskelige forstyrrelser

¹ Svært nylig er det funnet at når det gjelder planter så finnes det antakeligvis svært mange arter i Arktis. Dette gjelder såkalte kryptiske arter som ser helt like ut, men som ikke får reproduksjonsdyktig avkom når de krysses. Disse artene ser ut til å være relativt like også genetisk, så det er usikkert i hvilken grad dette funnet endrer konklusjoner om effekter av klimaendringer. Relativt lik genetikk betyr at den genetiske diversiteten ikke er veldig mye større enn før antatt. Men det vil være nødvendig med flere studier av dette for å kunne si noe mer sikkert. Kilde: Grundt et al. 2006.

Påviste effekter av klimaendringer i Norge

Det er nylig utkommet en omfattende evaluering av klimaendringer i Arktis med tilhørende regionale og globale konsekvenser (ACIA 2005). Det er relativt få referanser til prosjekter fra Norge i denne rapporten, og flere av eksemplene under er også hentet fra den generelle litteraturen.

Planter og vegetasjon

Eksperimentell oppvarming av markområder på Svalbard har vist at vegetasjon vil kunne endre seg ved varmere klima, bl.a. ved invasjon av nye arter (Callaghan et al. 1999), eller større vekst, spesielt av dvergbusker, urter og gras (jf. Walker et al. 2006). På Svalbard var vekst hos den typisk nordlige arten kantlyng studert over en 12 års



Rødsildre på Svalbard. Foto: Morten Ekker.

periode, positivt korrelert med sommertemperatur (Aanes et al. 2002). Men responsene på klimaendringer varierer og avhenger veldig mye av hvilke naturtyper og arter man ser på (Callaghan et al. 1999; Jónsdóttir et al. 2005a). Hos stivstarr reagerte individuelle skudd positivt på eksperimentell oppvarming i en næringsrik og kald starr-mose tundra, men negativt i en noe varmere, næringsfattig mose-hei (Jónsdóttir et al. 2005a; 2005b)

Reinsdyr på Svalbard lever i stor grad av ulike karplanter, men vinterstid også av lav dersom det finnes. Lav ødelegges til en viss grad gjennom beiting og tramp. En positiv effekt av høyere nedbør som forventes med klimaendringer, er derfor at både intakt og fragmentert lav vokser raskere ved jevnlig nedbør (Cooper et al. 2001). Bedre vekst av laven ved høyere nedbør kan således motvirke at beiting og tramp ødelegger lavsamfunn.

I det marine miljøet påvirker høyere temperatur omrøring og innstrømning av atlantisk vann. Dette fører med seg økte mengder næringsstoffer og planktonorganismer (Gjøsæter & Bogstad 2005). Mengde av planteplankton i det nordøstlige Atlanterhavet er også vist å være positivt korrelert med NAO-indeksen (jf. kapittel 2) samtidig som det er korrelert med mengde zooplankton og laks (Beaugrand & Reid 2003), og er et eksempel på hvordan endringer i planteplankton er av avgjørende betydning for de andre trofiske nivåene i havet.

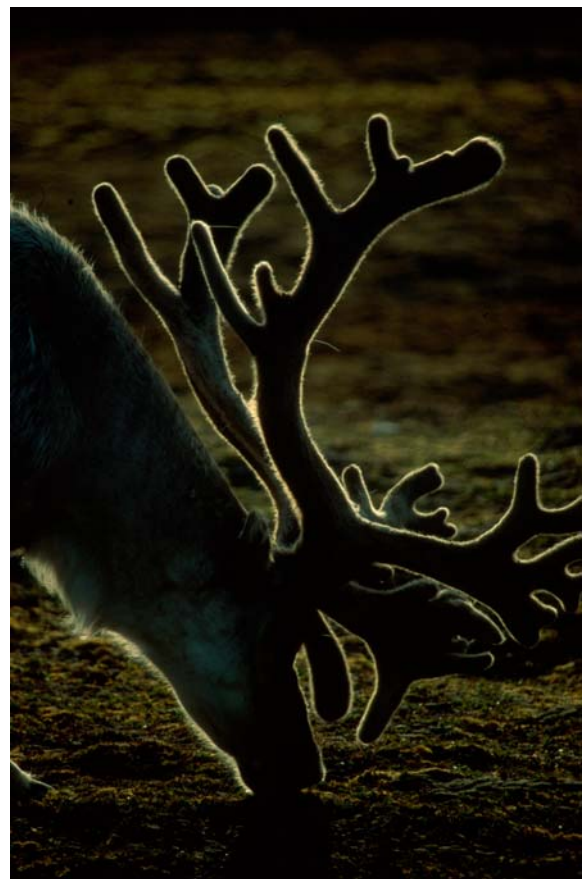
Dyr

Isbjørn er en art som regnes som truet, bl.a. på grunn av klimaendringer. I løpet av de siste 20 årene har fødselsratene og størrelsen på voksne

isbjørner på Svalbard blitt redusert, og man tror det kan være knyttet til klimaendringer i området (se mer under) (Derocher 2005). I andre deler av Arktis har en sett at varmere vær om våren med vekslende smelting og frysing har ført til høy dødelighet av ringsel, som er en av artene som isbjørn lever av (Stirling & Smith 2004).

Reinsdyr på Svalbard er også sårbare for klimaendringer. I vintre med mye nedbør, episoder med regn og nedising av beitene er det påvist økt dødelighet av spesielt unge og gamle dyr, mens det ikke er noen klar effekt av sommerklimaet på bestandene (Solberg et al. 2001). Studier viser også at klimaresponser kan være synkronisert mellom populasjoner, noe som betyr at endringer vil kunne skje over store områder (Post & Forchhammer 2002; Aanes et al. 2003).

Når det gjelder invertebrater, reagerer forskjellige arter på ulik måte i forhold til klimaendringer. Mens arter som lever i jorda, er noe beskyttet mot klimaendringer og reagerer langsomt, så øker gjerne populasjoner av planteetende arter som lever over jorda ved høyere temperatur (Hodkinson et al. 1998).



Svalbardrein vil være spesielt utsatt for endringer i isdekke. Foto: Morten Ekker.

I havet er mengde dyreplankton i Barentshavet generelt større når temperaturen er høy (Loeng & Sundby 2001; Padmini et al. 2003). Dette kan være knyttet til både direkte effekter av temperatur på vekst, samt indirekte effekter ved at høyere temperatur fører til større innstrømning av atlantisk vann med medfølgende plankton og næringsstoffer. Indirekte effekter av en slik dyreplanktonproduksjon på fisk er det også flere eksempler på, og er omhandlet i kapittel om hav.

En direkte effekt av høyere temperatur i vannet kan være at nye arter etablerer seg. En art som har vært sjelden før, men som nå observeres i store mengder i Barentshavet, er kolmule (Bakketeig et al. 2005). I Isfjorden på Svalbard ble blåskjell nylig funnet etablert for første gang siden vikingtiden, noe en regner er en konsekvens av varmere havtemperatur (Berge et al. 2005).

En annen indirekte effekt av klimaendringer skyldes endringer i smeltevann. Med større avsmelting fra isbreer øker mineral sedimenteringen, noe som man har sett kan føre til mindre diversitet av bunnlevende arter i fjorder på Svalbard (Włodarska-Kowalczyk & Weslawski 2001).

Økologiske konsekvenser

Generelt forventes effekter av klimaendringer å ha større effekt på arter og økosystemer i arktiske områder sammenlignet med boreale og tempererte områder lenger sør. Dette skyldes både at arter er svært utsatte for endringer når de befinner seg på yttergrensene av mulige utbredelsesområder, samt at klimavariasjonen mellom år er høy og at klimaendringene i Arktis forventes å være spesielt store. Arktiske organismer er i stor grad temperaturbegrensede, noe som gjør at selv små endringer i temperaturregimet får store effekter på primærproduksjonen, med følgeeffekter opp gjennom næringskjedene. Vegetasjonsperiodens lengde er en nøkkelfaktor for vegetasjonens utforming og produksjon. En forlengelse av vekstsesongen gir økt biomasse for de fleste arter. Samtidig kan arktiske spesialister få en hardere konkurransesituasjon enn i dag. Mange arter er spesielt tilpasset det arktiske klimaet, og endring i klima vil føre til at disse spesialistene blir mistilpasset og etter hvert forsvinner (Callaghan et al. 2004), mens generalister som er bedre tilpasset til å takle endringer, vil kunne overta. I områder der permafrost smelter, vil dette kunne ha stor innvirkning på økosystemet, uten at man vet sikkert hva slags natur som vil overta.

Det er stor usikkerhet omkring effektene av en generell økt nedbørsmengde. I de i dag kontinentalt pregede områdene kommer forandringen sannsynligvis til å innebære en økt mengde snø, og dermed kortere vegetasjonsperiode. I de oseanisk pregede områdene kan kombinasjonen av økt temperatur og nedbør komme til å gi økt frekvens av isdekke, noe som er en sterkt populasjonsregulerende faktor for f.eks. Svalbardrein. Vintre med nedising av beiter vil også kunne slå negativt ut for overlevelsen av svalbardrype (*Lagopus mutus hyperboreus*), den eneste landfugl som overvintrer på Svalbard (Pedersen et al. 2006). En lengre vekstperiode for vegetasjon vil derimot kunne virke positivt for planteetende fuglearter som gjess. Men eksperimenter på Svalbard viser at beiting av gjess på vegetasjon har mye større negativ effekt på vekst og plantesamfunn enn det simulert klimaoppvarming har (Cooper, upublisert). Som i andre naturtyper, vil konsekvensene av klimavarming således sterkt avhenge av innvirkning av andre faktorer og evt. endringer i disse – som f.eks. beiting.



Flere av selartene er spesielt utsatt for klimaendringer ved at isen de er avhengige av forsvinner. Her: Storkobbe Foto: Morten Ekker.

Man kan forvente at et varmere klima vil medføre et høyere antall invasjoner av sørlige arter i form av naturlige invasjoner og/eller innførsel med mennesker. Nye arter kan gi økt konkurranse, nye predatorer og nye parasitter og sykdomsorganismer. Eksempler på sistnevnte er østmarkmus og parasitten *Echinococcus multilocularis* i spredning på Svalbard (Henttonen et al. 2001), og funn av parasitter på fjellrev på Svalbard (Sørensen et al. 2005).

Endringer i havtemperatur og strømninger vil få store konsekvenser for primærproduksjonen - slik vi har sett i kapittelet om hav - med kaskadeeffek-

ter oppover i næringskjedene (f eks. fisk og sjøfugl). Sjøfuglene er bindeledd mellom det marine og terrestriske økosystemet, og transporterer næring inn på land (gjennom guano osv.). En endring i sjøfuglenes utbredelse vil igjen påvirke næringsgrunnlaget for rype, gjess, fjellrev og rein.

Spesielt stor effekt forventes temperatur å ha gjennom at havisens utbredelse og varighet gjennom året reduseres (jf. tekstboks i kapittel 2). Med mindre isutbredelse vil produksjonsarealet for marine organismer øke, og det er mulig at fisk, hval og våtmarksfugler kan ha en fordel av et varmere klima og mindre is, ved at de øker sine leveområder. Samtidig er iskanter og åpne områder som er omkranset av is (såkalte polynyaer) områder med spesiell høy produksjon, og reduksjon av dette vil kunne ha en negativ effekt på produksjonen. Endringer i havisens utbredelse vil også få konsekvenser for isavhengige sjøfugler som alkekonge og ismåke, samt sjøpattedyr som isbjørn og flere selarter. Selene bruker isen under yngleperioden og ved hårfelling, mens isbjørnen lever stort sett på isen og jakter og finner meste parten av føden sin der. Også hvalross tilbringer

mye tid til føde og hvile ved den produktive iskanten. Alle disse artene er således svært avhengige av isen og kan være truet hvis havisen nesten forsvinner om sommeren, slik det forventes..

I tillegg er disse topp-predatorene også spesielt utsatt for forurensning, som hopper seg opp gjennom næringskjeden. Klimaoppvarmingen og mindre havis vil høyst sannsynlig føre til økt transport av miljøgifter til Arktis. Samtidig vil miljøgifter som er lagret i is og snø, frigjøres når dette smelter, og økt nedbør vil kunne øke mengden av såkalte persistente organiske miljøgifter (POP) og kvikksølv som avsettes i området. Klimaendringer kan således også ha alvorlige indirekte effekter gjennom at det fører til endringer i forurensning.

Endringer i UV-stråling i forbindelse med globale endringer vil også kunne være en viktig komponent i det arktiske området. Dette regnes ikke som en klimaendring slik vi har definert det, men er likevel omhandlet i tekstboksen under.

Ozonlag og UV-stråling

Ozon kan være et vanskelig tema å forstå. I et lag av atmosfæren som kalles stratosfæren, finnes et ozonlag som beskytter alt liv på jorda mot skadelige UV-stråler. Dette ozonlaget brytes ned av KFK (klorfluorkarbon)-gasser fra industrien, og en har over de siste tiårene sett hvordan det bl.a. har dannet seg et såkalt "ozonhull" over Antarktis. Over Arktis har ozonlaget blitt redusert med ca 8 % pr tiår. Man er således redd for de skadelige effektene av dette. Dette er likevel ikke en form for klimaendring (climate change), slik vi definerer det, men er del av den store globale endringen (global change). Samtidig er både ozon og KFK-gassene også drivhusgasser, som nettopp fører til oppvarming av atmosfæren og gir klimaendringer. Det er derfor viktig å skille effektene av ozon i ozonlaget, og ozon i andre deler av atmosfæren.

I Arktis vil effektene av mer UV-stråling være spesielt høye i kombinasjon med effektene av klimaendringer. Dette skyldes at når det beskyttende is og snødekket forsvinner med varmere klima, så vil mer UV-stråling nå bakken og påvirke organismer på land og i vann. Også i høyfjellet på fastlandet er effektene av UV-stråling spesielt høye, bl.a. pga. høyden over havet. I tillegg har ferskvann i høyfjellet og i Arktis gjennomgående lite oppløst organisk materiale (humus) som ellers tar opp UV-stråling. UV-strålingen når derfor gjerne helt til bunnen av innsjøene.

Forskjellige arter og organismer varierer i hvor stor grad de skades av UV-stråling. Man har vist at noen planter som blir utsatt for UV-stråling, kan bli mer uspiselig for dyr, enten fordi de øker mengden pigmenter for å beskytte seg mot UV-stråling eller at den kjemiske sammensetningen endres og minsker næringsverdien. Ellers vet man at amfibier generelt er svært sensitive for UV-stråling. Flere undersøkelser indikerer at UV-stråling har en spesielt reduserende effekt på primærproduksjonen i vann. I marine system er det vist skadelige effekter av UV-stråling på både planteplankton og dyreplankton, og stråling har også vist seg vært dødelig for embryoer hos visse fiskearter.

Kilde: Hessen 1989, 2002; ACIA 2005

4 Forventede endringer i fremtiden

Vi har sett at klimaendringer har eller forventes å ha innvirkning på alle naturtyper. Ettersom klimaendringene i seg selv vil variere mellom forskjellige regioner i Norge, vil også konsekvensene være forskjellige i ulike områder. Det ser også ut til at populasjoner av arter i ulike deler av landet reagerer forskjellig på klimaendringer, og at noen individer (eller økotypen) i nordlige områder gjerne responderer mindre enn individer i områder lenger sør, slik som hos bjørk. Vi ser også at nordlige populasjoner av laksefisk ble mer negativt påvirket av endringer i isdekke enn sørlige populasjoner. Det kan bety at disse individene ikke har evnen til å tilpasse seg et endret klima, og at de derfor kan få problemer med å konkurrere med andre mer tilpassningsdyktige arter eller individer. Når det gjelder fisk i havet, ser det derimot ut som at spesielt fisk som lever i nordlige havområder, har positiv effekt av økende temperatur. Effekter av klimaendringer vil således variere regionalt både mellom ulike arter og innen samme art.

Til tross for regionale forskjeller i klimaendringene regner man likevel med en høyere gjennomsnittstemperatur over det meste av landet og mer nedbør, spesielt i vest. I et hundreårsperspektiv kan man regne med at det varmere klimaet fører til at arter trekker noe opp i fjellet, samt nordover både på land og i vann. Det ser likevel ikke ut som det vil skje en dramatisk endring av vegetasjonen oppover mot fjellet i nærmeste framtid. Dette skyldes blant annet at det er en betydelig treghet i responsen på slike klimaendringer hos arter som er tilpasset et annet klima. Det er heller ikke utviklet noe godt jordlag over skoggrensene, noe som gjør det vanskelig for trær å etablere seg der. Samtidig er det usikkert om mer nedbør som faller som snø i fjellet, vil motvirke effekten av varmere klima, ved at snøen ligger lenger og vekstsesongen ikke forlenges like mye som forventet.

Selv om noen av de samme argumentene gjelder for arktiske områder, virker det som at selve klimaendringene blir ekstra store nettopp i arktiske områdene. De forventede klimaendringene her kan derfor gå mer utover de eksisterende artene som er tilpasset det kalde klimaet og uten at det finnes særlig muligheter til å flytte på seg. Organismene som har tilpasset seg dette spesielle klimaet, har også større vanskeligheter med å



Klimaendringer forventes å påvirke mange forskjellige naturtyper. Her fra et område i Sauda. Foto: Mari L. Sjong

håndtere og overleve endringer, noe som er karakteristisk for spesialister. Både i Arktis og i fjellet regner man med at samtidige endringer av temperatur og nedbør vil gi problemer, for eksempel pga. isdannelse. Når levetilstandene endrer seg, endres også konkurranseforholdene innen og mellom populasjoner, og en må forvente nye sammensetninger av arter i de ulike samfunnene.

For kulturlandskap, både dyrkingslandskap i innmark og høstingslandskap i utmark, er det i stor grad endringer i bruk og skjøtsel som vil påvirke utviklingen av naturtypene i framtiden. I stadig flere områder som ikke er i bruk, starter en gjengroingsprosess der noen få konkurransesterke arter, først i feltsjiktet og deretter busker og trær, tar over for et større biologisk mangfold. Med varmere klima vil denne prosessen kunne påskyndes, og bidra til et helt annet landskap enn det åpne og halvåpne kulturlandskapet vi ennå ser i dag. Situasjonen vil være sterkt avhengig av de mottiltak som settes inn gjennom drift og skjøtsel.

Myr er en naturtype som er avhengig av en bestemt balanse mellom nedbør og temperatur. Det er klart at f.eks. tørrere somre på Østlandet vil kunne forrykke denne balansen, og evt. tørke ut myrer. Samtidig er det mulig at mer nedbør og mildere vintrer på Vestlandet kan føre til en større utbredelse av myrer innover fra kysten.

Livet i ferskvann og vassdrag er også utsatt for både temperaturøkning og høyere nedbør. Temperaturen påvirker både vanntemperaturen direkte, og sammen med vind og innstråling, sjiktningen i innsjøer. Dette styrer også isleggingen og isgangen i vannene. Høyere nedbør fører til større erosjon og avrenning, noe som kan ha store innvirkninger på bl.a. vannkjemi og næringsforhold. Selv om det er usikkert hvordan dette vil påvirke arter

og artssammensetninger, har vi bl.a. sett at vann-temperatur har stor betydning for sammensetningen i insektsamfunn, at temperatur styrer mange fenologiske trekk hos fisk og at isdekket er avgjørende for overlevelse av fisk. De komplekse interaksjonene gjør at det er vanskelig å forutsi hva som vil skje i fremtiden, men vi må være forberedt på store endringer i sammensetningen av ferskvannssamfunnene.

I havet er det også komplekse interaksjoner mellom organismer på forskjellig nivå i næringskjeden som avgjør effektene av klimaendringer i fremtiden. Klimaendringer påvirker havet hovedsakelig gjennom endret temperatur og havstrømmer, noe som igjen gir endringer i reproduksjon, vekst og utbredelse av både planteplankton,

dyreplankton, fisk og andre organismer. Den totale effekten av dette på artsutbredelse og artssantall er fortsatt uviss, men generelt er det en positiv sammenheng mellom temperatur og vekst og overlevelse hos fisk i våre nordlige farvann. Men det forventes også økt utbredelse mot nord for flere fiskearter. Sannsynligvis vil man dermed få andre sammensetninger av fiskesamfunnene enn det man har i de ulike områdene i dag.

Sannsynligvis vil noen fremmede arter som tidligere ikke har overlevd et relativt kaldt klima i Norge, kunne etablere seg med et mildere klima, både i hav, ferskvann og på land. Samtidig kan bli vanskelig for noen arter som er tilpasset nåværende klima, å overleve. Derfor må vi forvente et noe endret artsmangfold i Norge. Men pga. økt inn-

Fremmede arter

En fremmed organisme er en organisme som er ny for et område eller en lokalitet. Organismen regnes som fremmed når den har hatt hjelp av mennesket for å nå dette området (primærintroduksjon) eller det området hvor den har spredd seg fra ved egen hjelp (sekundær introduksjon).

Spredning av fremmede organismer er en av de mest alvorlige truslene mot naturens mangfold. Menneskeskapt spredning av arter skjer både bevisst og ubevisst. Mennesket har til alle tider flyttet med seg ulike arter på sin vandring. Økt globalisering med økende internasjonal handel har ført til at organismer flyttes mellom kontinenter og geografiske regioner med en langt større hastighet enn tidligere, og mange arter har på denne måten etablert seg og gjort stor skade på de nye økosystemene hvor de har etablert seg. Eksempler på dette er platanlønn (*Acer pseudoplatanus*), rynkerose (*Rosa rugosa*), kjempebjønnkjeks (*Heracleum mantegazzianum*), lakseparasitten *Gyrodactylus salaris*, ørekyt (*Phoxinus phoxinus*), og mink (*Mustela vison*). Mange arter har blitt innført til Norge fordi man har trodd at de ikke kan etablere seg i norsk natur på grunn av det kalde klimaet vårt. Vannskillpadden rødøreterrapin (*Trachemys scripta*) hører naturlig hjemme i Nord-Amerika. Den er nå spredd over store deler av verden og gjør stor skade på plante- og dyrelivet i mange ferskvannssystemer i Europa. I dag er klimaet for kaldt til at rødøreterrapinen kan etablere faste bestander i norsk natur. Den holdes ulovlig i fangenskap i mange norske hjem, og ved en liten økning i temperaturen vil den kunne etablere levedyktige bestander i Sør-Norge dersom den slippes ut. Det samme vil gjelde for en del innførte skadegjørere i landbruket, som for eksempel amerikansk blomstertrips. Får vi en temperaturøkning i deler av Norge tilsvarende Frankrike i dag, vil denne tripsen kunne etablere seg ute i naturlige økosystemer og gjøre stor skade på mange naturlig forekommende trær og blomster. Beverrotte, eller nutria (*Myocastor coypus*), har gjentatte ganger vært innført som farmdyr til Norge. Arten hører naturlig hjemme i deler av Sør-Amerika. Den har sluppet ut fra fangenskap, og vi har i perioder hatt selvreproduserende bestander av beverrotte bl.a. i Rogaland. Beverrotta tåler ikke kalde vintre, og på grunn av en kald vinter i 1994 døde de siste dyrene ut. Arten er godt etablert i Europa hvor den gjør stor skade i og ved vassdrag. Ved en liten temperaturøkning som følge av klimaendringer vil beverrotta kunne etablere faste bestander i Sør-Norge dersom den på nytt introduseres til landet.

Generelt sett er det usikkert i hvilken grad et endret klima vil påvirke etablering og spredning av mange av de andre fremmede arter. Men med et mildere klima er det sannsynlig at flere fremmede arter, som tidligere ikke har kunnet overleve de kalde vintrene i Norge, vil kunne etablere faste bestander, spre seg og gjøre skade på våre naturlige økosystemer. Konsekvensen av innførsel og spredning av fremmede arter i Norge kan dermed bli enda mer alvorlige i fremtiden.

Kilder: Tømmerås 1994; Fremstad & Elven 1997; Bevanger 2005.

vandring fra sør, forventes antall arter å øke heller enn å minske. Fordi konkurransen mellom arter endrer seg med endrede levevilkår, vil sammensetningen av arter i biologiske samfunn endre seg. Invaderende arter, dvs. nye arter som lett sprer seg, vil kunne dominere mer enn før.

Forskningen har i liten grad har sett på kombinerte effekter av klimaendringer og andre påvirkninger, men det er klart at klimaendringene vil virke sammen med en rekke andre faktorer. Som vi har sett for kulturlandskap, så vil skjøtsel eller opphør av skjøtsel være av avgjørende betydning for naturtypens fremtid, men klimaendringer kan forsterke allerede pågående gjengroing. I Arktis vil et mildere klima og mindre havis sannsynligvis føre til økt transport av miljøgifter til Arktis, ved at miljøgifter lagret i is og snø frigjøres når dette smelter, og økt nedbør fører til at mer forurensning avsettes i området.

Naturen innehar til en viss grad en treghet i respons og evne til å håndtere og tilpasse seg endringer. Samtidig kan det finnes terskelverdier som gjør at når disse overskrides så kan man få store endringer, f.eks. ved interaksjoner med andre påvirkningsfaktorer. Dette gjør det ytterligere vanskelig å analysere og forutsi effekter av klimaendringer. Det er derfor viktig at man tar i betraktning hele spekteret av effekter som observeres, og tar hensyn til både denne variasjonen og til det faktum at kombinasjonseffekter og terskler i mange tilfeller ikke er studert.

Selv om vi har en god del kunnskap om effekter av klimaendringer, så er det på noen områder fremdeles nødvendig med mer kunnskap som grunnlag for en god forvaltning. Det er særlig behov for å kunne lage robuste prediksjonsmodeller for endringer i økosystemer og biologisk mangfold, og følgende temaer er sentrale:

- Mekanismer for hvordan klimaendringene virker på arters fysiologi, vekst, populasjonsdynamikk og spredningsøkologi, samt for viktige økosystemprosesser.
- Hvordan artene i dag fordeler seg i forhold til hovedtrekkene i klimaet (artenes "klimaomslag"). En del er kjent for karplanter, men betydelig mindre er kjent for vekselvarme dyr og kryptogamer.
- Hvordan ulike interaksjoner mellom klimaet og andre påvirkningsfaktorer har effekt.
- Hvordan ulike interaksjoner mellom arter påvirker effekten av klimaendringene for økosystemenes struktur og funksjon.

Lange tidsserier av biologiske observasjoner har stort potensial for å kobles til tidsserier for klimavariasjon og dermed gi innsikt om sammenhenger som evt. kan undersøkes mer detaljert. Det er følgelig viktig at potensielt viktige etablerte tidsserier kan videreføres i størst mulig grad.

5 Betydning for naturforvaltningen

Endringer i klimasystemet i løpet av de siste tiårene (f.eks. høyere luft- og vanntemperaturer, forandringer i nedbør) har allerede påvirket tidspunkt for reproduksjon hos dyr og planter og/eller forflytning av arter, lengde på vekstsesongen, geografisk fordeling av arter, populasjonsstørrelser og omfang og hyppighet av utbrudd av skadeorganismer og sykdommer. Flere eksempler fra Norge er omtalt foran, og det finnes god dokumentasjon i internasjonal litteratur. Norge har gjennom Kyotoavtalen forpliktet seg til å redusere utslipp av klimagasser, og det vil fortsatt være viktig for ulike forvaltningsorganer å følge opp dette gjennom regelverk og å være pådriver overfor politikere og andre beslutningstakere, for å få til reduksjon av klimagasser i atmosfæren og minimere fremtidig klimaendring.

Samtidig må man ta til etterretning at klimaendringer skjer. Tilpasning til klimaendringer vil derfor bli nødvendig innenfor alle sektorer som har ansvar for natur- og ressursforvaltning, som f.eks. innenfor vannforvaltning, jordbruk, skogbruk, infrastrukturforvaltning, friluftslivsforvaltning og vilt- og fiskeforvaltning. Også andre samfunnssektorer må tilpasse seg klimaendringene, og deres tilpasningstiltak kan få konsekvenser for økosystemer og biologisk mangfold.

IPCC har definert "adaptation" som "adjustment in natural and human systems to a new and changing environment" (IPCC 2001). Når det gjelder tilpasning til klimaendringer betyr tilpasning justering av praksis, prosesser eller strukturer som respons på aktuelle eller forventede klimaeffekter, for å redusere systemets sårbarhet eller skadelige effekter. Tilpasning til klimaendring handler derfor om å minimalisere skadeeffekter og optimalisere nytteeffekter. I arbeidet med tilpasninger til klimaendringer må en også ta sosiale og økonomiske betraktninger med i vurderingene for å oppnå best mulig samfunnsmessig virkning.

Norge har sluttet seg til prinsippet om økosystemtilnærming i forvaltningen gjennom Konvensjon om biologisk mangfold. Denne biodiversitetskonvensjonens økosystemtilnærming anses som et fleksibelt forvaltningsrammeverk som er egnet til å adressere klimatilpasninger (AHTEG 2003). Adaptiv forvaltning er en integrert del av denne økosystemtilnærmingen, dvs at forvaltningen

justeres på bakgrunn av løpende vurdering av nye resultater etter endringer i forvaltningsstrategier.

For naturforvaltningen handler tilpasning til klimaendringer i første rekke om:

- Tilpasninger for å redusere negative effekter av klimaendringer på biologisk mangfold
- Konsekvenser av ulike sektorers tilpasningstiltak på økosystemer og biologisk mangfold

Klimatilpasning i naturforvaltningen må være rettet mot å optimere naturens robusthet, tilpasningsevne og elastisitet overfor så vel gradvis klimaendring så vel som ekstreme vær-situasjoner. AHTEG (2003) peker på muligheter til klimatilpasning gjennom aktiviteter som skal bevare og gjenopprette økosystemer, forvalte habitater for sjeldne og truede arter, samt beskytte økosystemfunksjoner og -tjenester. Bevaring av biologisk mangfold og opprettholdelse av økosystemstruktur og -funksjon er viktige klimatilpasningsstrategier for naturforvaltningen, fordi genetisk diverse populasjoner og artsrike økosystemer har størst potensial til å tilpasse seg klimaendringer. Økosystemtjenester som reduseres av klimaendringer, kan i noen tilfeller muligens erstattes, men i mange tilfeller er tekniske alternativer til naturlige økosystemtjenester som kontroll av skadeorganismer, frøspredning og vannrensing svært kostnads-krevende og lite egnet.

Ved siden av å sikre nåværende mangfold blir det å minimalisere presset fra andre stressfaktorer viktig i arbeidet med tilpasninger til klimaendringer. Eksempler på andre stressfaktorer er habitatødeleggelse, overutnytting, dårlig hevd, forurensning og introduserte arter. Særlig viktig blir det å motvirke habitatfragmentering, gjennom etablering av biologiske korridorer mellom beskytta områder og skjøtsel av skjøtelsavhengige habitater. Dette gir muligheter for spredning og migrering av planter og dyr til nye levesteder. Klimatilpasning kan også aktualisere diskusjoner knyttet til forflytning av arter til mer egnede habitater, ex situ oppbevaring etc.

Ulike samfunnssektorer, særlig de som er knyttet til ressursutnytting og infrastruktur, vil påvirkes sterkt av klimaendringer. Innen jordbruk vil det sannsynligvis ganske snart bli bruk for økt pesticidbruk til bekjempelse av skadegjørere pga. lengre vekstsesong, nye skadegjørere, nye dyrkingsarter etc., noe som kan øke muligheter for skader på miljø og helse. Innen fiskeri vil det bli aktuelt med fangst av andre arter, endret fiskese-

song og drift i andre områder. I skogbruket kan det bli aktuelt med f.eks. andre treslag og bekjempelse av uønsket vegetasjon og skadegjørere. Tilpasninger innen disse sektorene må ta hensyn til både sektorinteressene og konsekvenser for økosystemer og biologisk mangfold. Naturforvaltningen må bistå sektorene i utforming av tilpasningsstrategier som ivaretar nødvendig hensyn til økosystemer og biologisk mangfold.

Som del av en klimatilpasningsstrategi bør passende overvåkingssystemer bygges ut og settes i verk for å avdekke trender i endringer i biologisk mangfold som følge av klimaendringer og også for å følge effekter av tilpasningstiltak. Gode systemer for naturovervåking er nødvendig i tillegg til gode modeller for klimaendringer på regionalt og lokalt nivå. Naturforvaltningen trenger også mye mer detaljert kunnskap om forventede endringer for arter og økosystemer, regionalt og lokalt, noe som krever utvikling av kompetanse nasjonalt.

Klimatilpasning i naturforvaltningen bør også gjenspeiles ved økt integrering av naturhensyn i administrasjon og lovverk, bl a ved å sikre flora og fauna spredningsmuligheter under et klima i endring. Det nye lovforslaget "Lov om bevaring av natur, landskap og biologisk mangfold (NOU 28:2004) vil antagelig være bedre egnet til forvaltning av en natur i endring, herunder endringer som følge av klimaendringer (Hessen 2005), enn de lovene den skal erstatte.

Referanser

- ACIA 2005. Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
- AHTEG 2003. Interlinkages between biological diversity and climate change. Advice on the integration of biodiversity considerations in to the implementation of the United Nations Framework Convention on Climate Change and its Kyoto protocol. CBD Technical Series 10, SCB, Montreal.
- Andersen B.G. 2000. Istider i Norge. Universitetsforlaget, Oslo.
- Anker-Nilssen T. & Aarvak T. 2002. Lundens populasjonsøkologi på Røst. Status etter hekkesesongen 2001. – NINA Oppdragsmelding 736.
- Austad I., Hamre L.N. & Ådland E. (red) 2003. Gjengroing av kulturmark. – Bergen Museums skrifter 15.
- Bakkestuen V., Stabbetorp O.E., Erikstad L. & Eilertsen O. 2004. Vegetation composition, gradients and environment relationships of birch forest in six monitoring reference areas in Norway. – Sommerfeltia 31.
- Bakketeig et al. (red.) 2005. Havets ressurser og miljø 2005. – Fisker og havet, særnummer 1-2005.
- Barrett R.T. 2002. The phenology of spring bird migration to North Norway. – Bird Study 49: 270-277.
- Benestad R.E. 2004 Tentative probabilistic temperature scenarios for northern Europe. – Tellus 56A: 89-101
- Berge J., Johnsen G., Nilsen F., Gulliksen B. & Slagstad D. 2005. Ocean temperature oscillations enable reappearance of blue mussels *Mytilus edulis* in Svalbard after a 1000 year absence Marine Ecology – Progress Series 303: 167-175.
- Bevanger, K. 2005. Nye dyrearter i norsk natur. Landbruksforlaget, Oslo.
- Borgstrøm R. 2001. Relationship between spring snow depth and growth of brown trout *Salmo trutta* in an alpine lake: Predicting consequences of climate change. – Arctic Antarctic Alpine Research 33: 476-480.
- Both C. & Visser M.E. 2001. Adjustment to climate change is constrained by arrival date in a long-distance migrant bird. – Nature 411: 296-298.
- Brittain J.E. & Milner A.M. 2001. Ecology of glacier-fed rivers: current status and concepts. – Freshwater Biology 46:1571-1578.
- Bruteig I., Austrheim G. & Norderhaug A. 2003. Utgreiingar i samband med ny rovviltmelding. Beiting, biologisk mangfold og rovviltforvaltning. – NINA fagrapport 071.
- Bruteig I.E. & Willmann B. 2004. Gjenkartlegging av epifyttvegetasjonen på bjørk i Dividal og Gutulia 2003. s. 39-44 i: Framstad, E. (red.) Terrestrisk naturovervåking. Markvegetasjon, epifytter, smågnagere og fugl i TOV-områdene,2003. – NINA Oppdragsmelding 839.
- Bryn A., Norderhaug A. & Daugstad A.K. 2001. Re-growth effects on vascular plant richness in Norwegian, abandoned summer farm areas. – Skøgræktarrtid 2001: 163-166.
- Callaghan T.V. et al. 2004. Biodiversity, distributions and adaptations of arctic species in the context of environmental change. – Ambio 33: 404-417
- Callaghan T.V., Press M.C., Lee J.A., Robinson D.L. & Anderson C.W. 1999. Spatial and temporal variability in the responses of Arctic terrestrial ecosystems to environmental change. – Polar Research 18: 191-197.
- Carpenter S.R., Fisher S.G., Grimm N.B.B & Kitchell J.F. 1992. Global change and freshwater ecosystems. – Annual Rev. Ecol. Syst. 23:119-139.
- Cooper E.J., Smith F.M. & Wookey P.A. 2001. Increased rainfall ameliorates the negative effect of trampling on the growth of High Arctic forage lichens. – Symbiosis 31: 153-171.
- Crick H.Q.P. & Sparks T.H. 1999. Climate change related to egg-laying trends. – Nature 399: 423-424.
- Crick H.Q.P., Dudley C., Glue D.E. & Thomson D.L. 1997. UK birds are laying eggs earlier. – Nature 388: 526.
- Dahl E. et al. 2004. Giftalger og algegifter i norske farvann – erfaringer fra de siste 5 årene. – Fisker og havet, særnummer 2-2004: 91-94.
- Dalen L. 2004. Dynamics of mountain birch treelines in the Scandes mountain chain, and effects of climate warming. PhD thesis, NTNU 2004:134.
- Dalen L. & Hofgaard A. 2005. Differential Regional Treeline Dynamics in the Scandes Mountains. – Arctic, Antarctic, and Alpine Research 37: 284-296.
- Derocher A.E. 2005. Population ecology of polar bears at Svalbard, Norway. – Population Ecology 47: 267-275.
- DN 1999. Nasjonal rødliste for truede arter i Norge 1998. – DN-rapport 1999-39.
- Durant J.M. et al. 2004a. Marine birds and climate fluctuation in the North Atlantic. s 95-105 i: Stenseth, N.C., Ottersen, G., Hurrell, J.W. &

- Belgrano, A. (red.) Marine Ecosystems and Climate Variation - The North Atlantic. A Comparative Perspective. Oxford Univ. Press, New York.
- Durant J.M., Anker-Nilssen T., Hjermmann D.Ø. & Stenseth N.C. 2004b. Regime shifts in the breeding of an Atlantic puffin population. – Ecology Letters 7: 388-394.
- Durant J.M., Anker-Nilssen T. & Stenseth N.C. 2003. Trophic interactions under climate fluctuations: the Atlantic puffin as an example. – Proc. R. Soc. Lond. B 270: 1461-1466.
- EEA 2005. Impacts of Europe's changing climate. An indicator-based assessment. – EEA Report No 2/2003.
- Ellis W.N. Donner J.H. & Kuchlein J.H. 1997. Recent shifts in phenology of *Microlepidoptera*, related to climatic change (*Lepidoptera*). – Ent. Ber. Amst. 57: 66-72.
- Emanuelsson U. & Johansson C.E. (red.) 1987. Biotopvern i Norden. Biotoper i det nordiska kulturlandskapet. – Nordiska ministerrådet, Miljörapport 1989:5.
- FAO 2002. Second expert meeting on harmonizing forest-related definitions for use by various stakeholders. Proceedings, Roma, 11-13 sep. 2002.
- Fiksen Ø. et al. 1998. Modelling the influence of light, turbulence and ontogeny on ingestion rates in larval cod and herring. – Fisheries Oceanography 7: 355-363.
- Finstad A.G. 2005. Salmonids in a changing climate: The winter challenge. PhD thesis, Department of Biology, Norwegian University of Science and Technology
- Finstad A.G., Forseth T., Næsje T.F. & Ugedal O. 2004. The importance of ice-cover for energy turnover in juvenile Atlantic salmon. – Journal of Animal Ecology 73: 959-966.
- Fremstad E. 1997. Vegetasjonstyper i Norge. – NINA Temahefte 12.
- Fremstad E. & Elven R. 1997. Alien plants in Norway; a review. – Norsk geografisk tidsskrift 51: 199-218.
- Fremstad E. & Moen A. (red.) 2001. Truete vegetasjonstyper i Norge. – NTNU Vitenskapsmuseet Rapp. bot. Ser. 2001-4.
- Fremstad E., Norderhaug A. & Myking T. 2005. Endringer i norsk flora. – DN-utredning 2005-6.
- Gammelsrød T. & Hjøllo S.S. 2005. Stabiliteten til Golfstrømsystemet. – Cicerone 5/2005: 20-22.
- Gates D.M. 1993. Climate change and its biological consequences. Sinauer Associates Inc. Publishers, Massachusetts.
- Grundt H.H., Kjølnær, S., Borgen, L., Rieseberg L.H. & Brochmann, C. 2006. High biological species diversity in the arctic flora. – Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 103:972-975.
- Grønås S. 2003. Den lille istid skyldes solaktivitet og vulkanutbrudd. – Cicerone 2/2003: 22-24.
- Grønås S. 2005. Nye anslag for global oppvarming. Cicerone 2/2005: 28-29.
- Grøtan V. et al. 2005. Climate causes large scale spatial synchrony in population fluctuations of a temperate herbivore. – Ecology 86: 1472-1482.
- Hanssen-Bauer I. 2005. Regional temperature and precipitation series for Norway: Analyses of time-series updated to 2004. – Met.no Report 15.
- Hanssen-Bauer I., Achberger C., Benestad R., Cheng D. & Førland E.J. 2005: Review: Statistical downscaling of climate scenarios over Scandinavia. – Clim. Res. 29: 255-268.
- Hanssen-Bauer I., Førland E.J., Haugen J.E. & Tveito O.E. 2003: Temperature and precipitation scenarios for Norway: Comparison of results from dynamical and empirical downscaling. – Clim. Res. 25: 15-27
- Harris M.P. et al. 2005. Effect of wintering area and climate on the survival of adult Atlantic puffins *Fratercula arctica* in the eastern Atlantic. – Mar Ecol Prog Ser 297: 283-296.
- Hassel A. 2005. Biologisk mangfold – bunndyr. – Fisker og havet, særnummer 1-2005: 176-177.
- Haugen P.M, Turley C & Portner H.O. 2006. Effects on the marine environment of ocean acidification resulting from elevated levels of CO₂ in the atmosphere. – DN-utredning 2006-1.
- Haugen J.E. & Iversen T. 2005: Response in daily precipitation and wind speed extremes from HIRHAM downscaling of SRES B'' scenarios. Sider 35-50 i: Iversen T., Lystad M. (red.) RegClim General Technical Report 8, Norwegian Meteorological Institute, Oslo.
- Heggberget T.M., Gaare E. & Ball J.P. 2002. Reindeer (*Rangifer tarandus*) and climate change: Importance of winter forage. – Rangifer 22: 13-32
- Hegseth E.N., Svendsen S. & von Quillfeldt C.H. 1995. Phytoplankton in fjords and coastal waters of northern Norway: environmental conditions and dynamics of the spring bloom. s. 45-72 i: Skjoldal H.R et al. (red.) Ecology of fjords and coastal waters. Proc. of the Mare Nor Symposium on the Ecology of Fjords and

- Coastal Waters, Tromsø, 5-9 December 1994. Elsevier.
- Helle K. 1994. Distribution of early juvenile Arcto-Norwegian cod (*Gadus morhua* L.) in relation to food abundance and water mass properties. – ICES Marine Science Symposia 198: 440-448.
- Helle K. & Pennington M. 1999. The relation of spatial distribution of early juvenile cod (*Gadus morhua* L.) in the Barents Sea to zooplankton density and water flux during the period 1978-1984. – ICES Journal of Marine Science 56: 5-27.
- Henttonen H. et al. 2001. Echinococcus multilocularis on Svalbard: introduction of an intermediate host has enabled the local life cycle. – Parasitology 123: 547-552.
- Hessen D.O. 1989. UV-toleranse hos dyreplankton: en litteratur- og pilotstudie. – NIVA rapport 2341.
- Hessen D.O. 2002. UV radiation and Arctic ecosystems. – Ecological Studies 153, Springer, Berlin.
- Hessen D.O. 2005. Klima og biologisk mangfold. – Cicerone 1/2005: 16-17.
- Hestmark G., Ims R.A. & Framstad E. 1998. Biologisk mangfold i intensivt drevet åkerlandskap – trusler og mottiltak. s.148-154 i Framstad E. & Lid I.B. (red.) Jordbrukets kulturlandskap. Universitetsforlaget.
- Hindar A. 1993. Betydningen av sjøsaltepisoder, med eksempler fra vinteren 1993. DN, Trondheim, Norway.
- Hindar A., Henriksen A., Tørseth K. & Semb A. 1994. Acid water and fish death. – Nature 372: 327-328.
- Hodkinson I.D. et al. 1998. Global change and Arctic ecosystems: Conclusions and predictions from experiments with terrestrial invertebrates on Spitsbergen. – Arctic and Alpine Research 30: 306-313.
- Hofgaard A. 1997. Inter-relationships between treeline position, species diversity, land use and climate changes in the central Scandes Mountains of Norway. – Global Ecology and Biogeography letters 6: 419-429.
- Hofgaard A. 2003. Effects of climate change on the distribution and development of peatlands: background and suggestions for a national monitoring project. – NINA Project Report 21.
- Hofgaard A. 2004. Overvåking av palsmyr. Førstegangsundersøkelse i Ostojeaggi, Troms, 2004. – NINA Rapport 42.
- Hofgaard A. & Willmann B. 2002. Plant distribution pattern across the forest-tundra ecotone: The importance of treeline position. – Eco-science 9: 375-385.
- Holmstad P.R., Hudson P.J. & Skorping, A. 2005. The influence of a parasite community on the dynamics of a host population: A longitudinal study on willow ptarmigan and their parasites. – Oikos 111: 377-391
- Holst J.C. 1996. Long term changes in the growth and recruitment pattern of the Norwegian spring spawning herring (*Clupea harengus* L.). Doctoral thesis, University of Bergen.
- Hopkins C.C.E. 2001. Actual and potential effects of introduced marine organisms in Norwegian waters, including Svalbard. – DN-utredning 2001-1.
- Høgda K.A., Karlsen S.R. & Solheim I. 2001. Climate change impact on growing season in Fennoscandia studied by a time series of NOAA AVHRR NDVI data. – Proceedings of IGARSS 2001. Sydney, Australia.
- IPPC 2000. IPCC Special Report on Emission Scenarios. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- IPCC 2001. Climate change 2001: The scientific basis. Cambridge University Press, Cambridge and New York.
- Jakobsson J. & Østvedt O.J. 1999. A review of joint investigations on the distribution of herring in the Norwegian and Iceland Seas 1950 – 1970. – Rit Fiskideildar 16: 209-238.
- Järvinen O. 1989. Patterns and causes of long-term variation in reproductive traits of the Pied Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*) in Finnish Lapland. – Ornis Fennica 66: 24-31.
- Järvinen O. & Väisänen R.A. 1977. Long-term changes of the North European land bird fauna. – Oikos 29: 225-228.
- Johnsen Ø. et al. 2005a. Climatic adaptation in *Picea abies* progenies is affected by the maternal temperature during zygotic embryogenesis and seed maturation. – Plant, Cell and Environment 28: 1090-1102.
- Johnsen Ø., Dæhlen O.G., Østreng G. & Skrøppa T. 2005b. Daylength and temperature during seed production interactively affect adaptive performance of *Picea abies*. – New Phytologist 168: 589-596.
- Jónsdóttir I.S., Magnússon B., Gudmundsson J., Elmarsdóttir A. & Hjartarson H. 2005a. Variable sensitivity of plant communities in Iceland to experimental warming. – Global Change Biology 11: 553-563
- Jónsdóttir I.S., Khitun O. & Stenström A. 2005b. Biomass and nutrient responses of a clonal tundra sedge to climate warming. Canadian Journal of Botany, 83: 1608-1621.

- Jonsson N. & Jonsson B. 2002. Migration of anadromous brown trout *Salmo trutta* in a Norwegian river. – *Freshwater Biology* 47: 1391-1401.
- Jonsson N. & Jonsson B. 2004. Size and age of maturity of Atlantic salmon correlate with the North Atlantic Oscillation Index (NAOI). – *Journal of Fish Biology* 64: 241-247.
- Jonsson N., Jonsson B. & Hansen L.P. 2005. Does climate during embryonic development influence parr growth and age of seaward migration in Atlantic salmon (*Salmo salar*)? – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 62: 2502-2508.
- Jordal J.B. 1997. Sopp i naturbeitemarker i Norge. – DN-utredning 1997-6.
- Kaland P.E. & Vandvik V. 1998. Kystlynghei. s. 50 – 60 i: Framstad E. & Lid I.B. (red.) Jordbrukets kulturlandskap. Universitetsforlaget.
- Kålås J.A. 2005. Spurvefugler. – s. 38-49 I: Framstad, E. & Kålås, J.A. (red.) 2005. Terrestrisk naturovervåking. Smågnagere og fugl i TOV-områdene, 2004. NINA Rapport 51.
- Kjesbu O.S., Witthames P.R., Solemdal P. & Greer Walker M. 1998. Temporal variations in the fecundity of Arcto-Norwegian cod (*Gadus morhua*) in response to natural changes in food and temperature. – *Journal of Sea Research* 40: 303-321.
- Klanderud K. 2005 Climate change effects on species interactions in an alpine plant community. – *Journal of Ecology* 93: 127-137.
- Klanderud K. & Birks H.J.B. 2003 Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian Mountain plants. – *Holocene*, 13, 1-6.
- Klanderud K. & Totland Ø. 2005. Simulated climate change altered dominance hierarchies and diversity of an alpine biodiversity hotspot. – *Ecology* 86: 2047-2054.
- Körner C. 1999. *Alpine Plant Life*. Springer, Berlin.
- Kvamme M., Kaland P.E. & Brekke N.G. 2004. Conservation and management of North European coastal Heathlands. HEATHGUARD. Seim: Lyngheisenteret.
- Lambert Y. & Kjesbu O.S. 1999. Total lipid energy as a proxy for total egg production by fish stocks. – *Nature* 402: 288-290.
- Lemoine N. & Böhning-Gaese K. 2003. Potential impact of global climate change on species richness of long-distance migrants. – *Conservation Biology* 17: 577-586.
- Linderholm H.W., Solberg B.O. & Lindholm M. 2003. Tree-ring records from central Fennoscandia: the relationship between tree growth and climate along a west-east transect. – *Holocene* 13: 887-895.
- Lindgren E., Tälleklint L. & Polfeldt T. 2000. Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting european tick *Ixodes ricinus*. – *Environmental Health Perspectives* 108: 119-123.
- Loison A., Langvatn R. & Solberg E.J. 1999. Body mass and winter mortality in red deer calves: disentangling sex and climate effects. – *Ecography* 22: 20-30.
- Løne T. 1991. Villsauen i Austevoll. s. 33-46 i: Jord og gjerning: årbok for Norsk landbruksmuseum 1991. Landbruksforlaget.
- Lydersen E. et al. 2000. Limnologiske undersøkelser i Breisjøen og Store Gryta, 1998/1999 - Bakgrunnsrapport Thermosprosjektet. 4307-2000, NIVA, Oslo.
- Lydersen E. et al. 2003. Thermos-prosjektet - Fagrapport 1998-2002. 4720-2003, NIVA, Oslo.
- Marshall C.T., Yaragina N.A., Ådlandsvik B. & Dolgov A.V. 2000. Reconstructing the stock-recruit relationship for Northeast Arctic cod using a bioenergetic index of reproductive potential. – *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57: 2433-2442.
- Mason C.F. 1995. Long-term trends in the arrival dates of spring migrants. – *Bird Study* 42: 182-189.
- Melle W., Ellertsen B. & Skjoldal H.R. 2004. Zooplankton: The link to higher trophic levels. s. 137-202. i: Skjoldal H.R. (red.) The Norwegian Sea Ecosystem, Tapir, Trondheim.
- Menzel A. 2000. Trends in phological phases in Europe between 1951 and 1996. – *Int. J. Biometeorology* 44: 76-81.
- Menzel A. & Fabian P. 1999. Growing season extended in Europe. – *Nature* 397: 659
- Moen A. 1998. Nasjonal atlas for Norge. Vegetasjon. Statens kartverk, Hønefoss.
- Mysterud A., Stenseth N.C., Yoccoz N.G., Langvatn R. & Steinheim, G. 2001. Nonlinear effects of large-scale climatic variability on wild and domestic herbivores. – *Nature* 410: 1096-1099.
- Mysterud A., Yoccoz N.G., Stenseth N.C. & Langvatn R. 2000. Relationships between sex ratio, climate and density in red deer: the importance of spatial scale. – *Journal of Animal Ecology* 69: 959-974.
- Nakken O. & Raknes A. 1987. The distribution and growth of Northeast Arctic cod in relation to bottom temperatures in the Barents Sea, 1978-1984. – *Fisheries Research* 5: 243-252.

- Nesje A. & Dahl S.O. 2003: The 'Little Ice Age' - only temperature? – The Holocene 13, 139-145.
- Nesje A., Bakke J., Lie Ø. & Dahl S.O. 2006. Dramatisk for norske isbreer i fremtiden. *Cicerone* 1/2006: 22-24.
- Neuvonen S., Bylund H. & Tømmervik H. 2005: Forest defoliation risks in birch forests by insects under different climate and land use scenarios in northern Europe. s. 125-138 i: Wielgolaski, F.E. (red.) *Plant Ecology, Herbivory and Human Impact in Nordic Mountain Birch Forests*. Ecological Studies, 180. Springer-Verlag, Berlin
- Norderhaug A. 1996. *Hay Meadows: Biodiversity and Conservation*. Department of Systematic Botany, University of Göteborg, Sweden.
- Norderhaug A., Austad I., Hauge L. & Kvamme M. (red.) 1999. *Skjøtselsboka for kulturlandskap og gamle norske kulturmarker*. Landbruksforlaget.
- Olsson G.A., Austrheim G. & Grenne S.N. 2000. Landscape change patterns in mountains, land use and environmental diversity, Mid-Norway 1960-1993. – *Landscape Ecology* 15: 155-170.
- Ottersen G. 1996. Environmental impact on variability in recruitment, larval growth and distribution of Arcto-Norwegian cod. Dr Scientist. thesis, Geophysical Institute, University of Bergen.
- Padmini D., Ingvaldsen R. & Hassel A. 2003. Zooplankton biomass variation in relation to climatic conditions in the Barents Sea. – *Polar Biol.* 26: 233-241.
- Parmesan C. et al. 1999. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming. – *Nature* 399: 579-583.
- Paulsen G.M. (red) 1997. *Overvåking av biologisk mangfold i åtte naturtyper. Forslag fra åtte arbeidsgrupper*. – Utredning for DN 1997-7.
- Pedersen ØÅ, Lier M, Routti H, Christiansen HH, Fuglei E. 2006. Co-feeding between Svalbard rock Ptarmigan (*Lagopus muta hyperborea*) and Svalbard reindeer (*Rangifer tarandus platyrhynchus*). – *Arctic* 59: 61-64.
- Pedersen T. & Jobling M. 1989. Growth rates of large sexually mature cod, *Gadus morhua*, in relation to condition and temperature during an annual cycle. – *Aquaculture* 81: 161-168.
- Pollard E., Moss D. & Yates T.J. 1995. Population trends of common British butterflies at monitored sites. – *Journal of Applied Ecology* 32: 9-16.
- Post E. & Forchhammer M.C. 2002. Synchronization of animal population dynamics by large-scale climate. – *Nature* 420: 168-171.
- RegClim 2005. Norges klima om 100 år. Usikkerhet og risiko. Brosjyre nr. 3 fra RegClim-prosjektet.
- Roy D.B., Rothery P., Moss D., Pollard E. & Thomas J.A. 2001. Butterfly numbers and weather: predicting historical trends in abundance and the future effects of climate change. – *Journal of Animal Ecology* 70: 201-217.
- Roy D.B. & Sparks T.H. 2000. Phenology of British butterflies and climate change. – *Global Change Biology* 6: 407-416.
- Sandvik H., Erikstad K.E., Barrett R.T. & Yoccoz N. 2005. The effect of climate on adult survival in five species of North Atlantic seabirds. – *J. Anim. Ecol.* 74: 817-831.
- Schindler D.W. 1997. Widespread effects of climatic warming on freshwater ecosystems in North America. – *Hydrological Processes* 11: 1043-1067.
- Schindler D.W. 2001. The cumulative effects of climate warming and other human stresses on Canadian freshwaters in the new millennium. – *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 18-29.
- Shutova E. et al. 2005. Phenology of Nordic mountain birch in relation to climate change at Kola Peninsula and the trans-boundary Pasvik-Enare region. – *Ann. Meteorol* 41: 524-527
- Sjøtun K. 2001. Tang og tare; vil dei trivast dersom temperaturen i havet stig? – *Fisken og havet*, særnummer 2-2001: 94-96.
- Skaugen T.E. & Tveito O.E. 2004: Growing season and degree-day scenario in Norway for 2021-2050. – *Clim. Res.* 26: 221-232
- Skre O. et al. 2005. Responses of temperature changes on survival and growth in mountain birch populations. s. 87-98 i: Wielgolaski, F.E. (red.) *Plant Ecology, Herbivory and Human Impact in Nordic Mountain Birch Forests*. Ecological Studies, 180. Berlin: Springer-Verlag.
- Slater F.M. 1999. First-egg date fluctuations for the Pied Flycatcher (*Ficedula hypoleuca*) in the woodlands of mid-Wales in the twentieth century. – *Ibis* 141: 489-506.
- Sokolov L.V., Markovets M.Y., Shapoval A.P. & Morozov Y.G. 1998. Long-term trends in the timing of the spring migration of passerines on the Courish Spit of the Baltic Sea. – *Avian Ecology and Behaviour* 1: 1-21.
- Solberg B.O., Hofgaard A., Hytteborn H. 2002. Shifts in radial growth responses of coastal *Picea abies* induced by climatic change dur-

- ing the 20th century, central Norway. – *Ecology* 9: 79-88
- Solberg E. J. & Sæther B.-E. 1994. Male traits as life-history variables: annual variation in body mass and antler size in moose (*Alces alces*). – *Journal of Mammalogy* 75: 1069-1079.
- Solberg E. J., Sæther B.-E., Strand O. & Loison A. 1999. Dynamics of a harvested moose population in a variable environment. – *Journal of Animal Ecology* 68: 186-204.
- Solberg E.J. et al. 2001. Effects of density-dependence and climate on the dynamics of a Svalbard reindeer population. – *Ecography* 24: 441-451.
- Sparks T.H. 1999. Phenology and the changing pattern of bird migration in Britain. – *International Journal of Biometeorology* 42: 134-138.
- Stabbetorp O.E. & Often A. 2003. Kulturbetinget botanisk mangfold i grensetraktene i Sørøst-Norge. – NINA Oppdragsmelding 8080: 1-148.
- Stirling I. & Smith T.G. 2004. Implications of warm temperatures, and an unusual rain event for the survival of ringed seals on the coast of southeastern Baffin Island. – *Arctic* 57: 59-67.
- Strumse E. & Hauge L. 1998. Landscape protection evaluations and visual preferences for Western Norwegian agrarian landscapes. – *Norsk geografisk Tidsskrift* 52: 1-15.
- Sundby S. 1994. The influence of bio-physical processes on fish recruitment in an arctic-boreal ecosystem. Dr. philos. thesis, University of Bergen.
- Sundby S. 2000. Recruitment of Atlantic cod stocks in relation to temperature and advection of copepod populations. – *Sarsia* 85: 277-298.
- Sundby S. & Nakken O. 2005. Spatial shifts in spawning habitats of Arcto-Norwegian cod induced by climate change. – *Globec international newsletter* 11: 26.
- Sætersdal M. & Birks H.J.B. 1997. A comparative ecological study of Norwegian mountain plants in relation to possible future climatic change. – *Journal of Biogeography* 24, 127-152.
- Sæther B-E. et al. 2000. Population dynamical consequences of climate change for a small temperate songbird. – *Science* 287: 854-856.
- Sætre R., Toresen R. & Anker-Nilssen T. 2002. Factors affecting the recruitment variability of the Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus* L.) – *ICES Journal of Marine Science* 59: 725-736.
- Sakshaug E., Rey F. & Slagstad D. 1995. Wind forcing of marine primary production in the northern atmospheric low-pressure belt. s. 15-26 i: Skjoldal H.R., Hopkins C., Erikstad K.E. & Leinaas H.P. (red.) *Ecology of fjords and Coastal Waters. Proceedings of the Mare Nor Symposium on the Ecology of Fjords and Coastal Waters, Tromsø.*
- Sørensen K.K. et al. 2005. Acute toxoplasmosis in three wild arctic foxes (*Alopex lagopus*) from Svalbard; one with co-infections of *Salmonella enteritidis* PT1 and *Yersinia pseudotuberculosis* serotype 2b. – *Research in Veterinary Science* 78: 161-167.
- Thomas C.D. & Lennon J.J. 1999. Birds extend their ranges northwards. – *Nature* 399: 213.
- Tombre I.M. et al. 2006. The onset of spring and timing of migration in two arctic nesting goose populations. Manuscript.
- Tømmervik H. et al. 2004. Vegetation Changes in the Nordic Mountain Birch Forest: the Influence of Grazing and Climate Change. – *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 36: 323-332.
- Toresen R. 2001. Environmental influence on herring (*Clupea harengus* L.) abundance. An environmental approach for the understanding of herring stock fluctuations and its application in management. Dr. philos thesis, University of Bergen.
- Toresen R. & Østvedt O.J. 2000. Variation in abundance of Norwegian spring spawning herring (*Clupea harengus*, *Clupeidae*) throughout the 20th century and the influence of climatic fluctuations. – *Fish and Fisheries* 1: 231-256.
- Tunon H. 2004. Tradisjonell kunnskap och Lokalsamhället: artikel 8j i Sverige. Centrum för biologisk mångfald, Uppsala.
- Tømmerås B.Å. (red.) 1994. Introduksjoner av fremmede organismer til Norge. – NINA utredning 62.
- van Breemen N. et al. 1998. Impacts of elevated carbon dioxide and temperature on a boreal forest ecosystem (CLIMEX project). – *Ecosystems* 1: 345-351.
- Walker M.D. et al. 2006. Plant community responses to experimental warming across the tundra biome – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 103: 1342-1346
- Warren M.S. et al. 2001. Rapid responses of British butterflies to opposing forces of climate and habitat change. – *Nature* 414: 65-69.
- Winkel W. & Hudde H. 1997. Long-term trends in reproductive traits of tits (*Parus major*, *P. caeruleus*) and Pied Flycatchers (*Ficedula hypoleuca*). – *Journal of Avian Biology* 28: 187-190.

- Wlodarska-Kowalczyk M. & Weslawski J.M. 2001. Impact of climate warming on Arctic benthic biodiversity: a case study of two Arctic glacial bays. – *Climate Research* 18: 127-132.
- Wright R.F. 1998. Effect of increased CO₂ and temperature on runoff chemistry at a forested catchment in southern Norway (CLIMEX project). – *Ecosystems* 1: 216-225.
- Wrona F.J., Prowse T.D. & Reist J.D. 2005. Freshwater ecosystems and fisheries. s 353-452 i: Symon C., Arris L. & Heal B., (red.) Arctic Climate Impact Assessment. Cambridge University Press, Cambridge.
- Yaragina N.A. & Marshall C.T. 2000. Trophic influences on interannual and seasonal variation in the liver condition index of Northeast Arctic cod (*Gadus morhua*). *ICES Journal of Marine Science* 57: 42-55.
- Økland B. & Berryman A. 2004. Resource dynamic plays a key role in regional fluctuations of the spruce bark beetles *Ips typographus*. – *Agricultural and Forest Entomology* 6: 141-166.
- Økland B. & Bjørnstad O.N. 2003. Synchrony and geographical variation of the spruce bark beetle (*Ips typographus*) during a non-epidemic period. – *Population Ecology* 45: 213-219.
- Økland T., Bakkestuen V., Økland R.H. & Eilertsen O. 2004. Changes in forest understorey vegetation in Norway related to long-term soil acidification and climate change. – *Journal of Vegetation Science* 15: 437-448.
- Ådlandsvik B. & Loeng H. 1991. A study of the climatic system in the Barents Sea. – *Polar Research* 10: 45-49.
- Aanes R. et al. 2002. The Arctic Oscillation predicts effects of climate change in two trophic levels in a high-arctic ecosystem. – *Ecology Letters* 5: 445-453.
- Aanes R. et al. 2003. Synchrony in Svalbard reindeer population dynamics. – *Canadian Journal of Zoology* 81: 103-110.

Oversikt over klimaeffekter innsendt til klimadatabase ved Direktoratet for Naturforvaltning – gjelder poster innsendt pr 1.1.06.

Databasen finnes på: <http://klima.dirnat.no/>. Den er blitt oppdatert etter 1.1.2006 og vil også bli oppdatert i fremtiden. I databasen finnes også igangsatte klimaprosjekter som vi ikke har henvist til her.

Koden i kildehenvisningen er et søkbart løpenummer i databasen.

FJELL

Planter og vegetasjon

Organisme	Påvirkning	• Effekt	Kilde
Plante-samfunn	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> Høyalpine arter har forsvunnet fra lavtliggende områder og økt i omfang i høytliggende områder siden 1930-tallet Lavlandsarter, lyng og arter med bred høydeutbredelse har økt mest i forekomst og ekspansjon oppover i fjellet Naturlig suksesjon siden den lille istid, økt nitrogennedfall, endret beitetrykk og turisme er bidragende årsaker til forandringene i tillegg til klimaendringer i senere tid 	K Kländerud; K009
Plante-samfunn	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> Reinrose beskytter andre arter mot lav temperaturer men konkurrerer samtidig om næring Konkurransen kan forsterkes dersom temperatur og næringstilgang øker Etableringsfrekvensen for frøplanter er generelt høyere ved eksperimentell oppvarming Effekter av klimaendringer på koloniseringsprosesser og samspeillet mellom arter kan gi endret arts mangfold i alpine plantesamfunn over et lengre tidsperspektiv 	K Kländerud & Ø Totland; K010
Plante-samfunn	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> De fleste arter oppviser en bred amplitude til middeltemperaturer for juli og januar 2 graders økning av sommertemperaturen og 4 grader av vintertemperaturen vil trolig ikke ha en dramatisk effekt på de fleste av de studerte plantartene Arter med smal temperaturløp for juli og januar er sjeldne arter med liten geografisk utbredelse, men de finnes i alle habitater langs hovedgradienten for fuktighet 	M Sætersdal; K006, K007
Bjørk	Temperatur, snødekke	<ul style="list-style-type: none"> regionale forskjeller i tregrenserespons langs fjellkjeden tregrenseposisjonen i nord stammer fra 1930-40 tallet, men i sør har en viss foryngelse skjedd i tregrensen 	L Dalen; K014
Bjørk	Temperatur, nedbør, snødekke	<ul style="list-style-type: none"> bjørkeplanter i skoggrensen viser positiv vekstrespons (langskuddslengde og antall) på oppvarming i sør (Dovre) men negativ i nord (Joaaka) den positive effekten av oppvarming i sør er likevel langt fra like stor som den negative effekten av beite – som må ses i sammenheng 	L Dalen; K012
Plante-samfunn	Holocene klimaendringer	<ul style="list-style-type: none"> retirerende skog- og tregrenser siden varmetiden for 6000 år siden har gitt plantesamfunn over tregrensa som fortsatt er avhengige av miljøforhold som skogen tidligere sto for i dagens alpine miljø er det fremst abiotiske faktorer som styrer vegetasjonsfordelingen det er en betydelig og langsiktig treghet i endringen av plantesamfunnens sammensetning 	A Hofgaard; K019

Dyr

Organisme/ samfunn	Påvirkning	Effekt	Kilde
Rein	Temperatur Nedbør Snødekke	<ul style="list-style-type: none">• snødekkets fordeling og egenskaper påvirker reinens beiteatferd og hvilke lavressurser den utnytter• hard eller dyp snø fører til dårligere tilgang til energirik lav og dermed til svakere kalveproduksjon• snørike vintre ga lavere kalveandel i Snøhetta• varmere, våtere klima kan forskyve forekomst av mattedannende lav høyere til fjells og dermed endre reinens leveområder og redusere tilgangen på energirik lav	TM Heggberget; K049
Spurvefugl	Temperatur	<ul style="list-style-type: none">• i TOV har det siden ca. 1990 vært en økning i relativ bestand for fuglearter knyttet til skog i fjellet, men ikke reduksjon i relativ bestand for arter knyttet til åpne områder	JA Kålås; K055

SKOG

Planter og vegetasjon

Organisme/ samfunn	Påvirkning	Effekt	Kilde
Lav	Temperatur, snødekke	<ul style="list-style-type: none">• dekning av blad- og busklav på bjørkestammer har gått frem siden 1990• svakt varmekjære arter, som vanlig kvistlav, går mest frem• snømållav har gått tilbake	IE Bruteig; K004
Tresjikt?	Temperatur	<ul style="list-style-type: none">• ikke oppgitt	A Bryn; K026
Moser	Temperatur, nedbør, vekst- sesongens lengde	<ul style="list-style-type: none">• mengden moser har økt i Sør-Norge siden 1990• inntil midten av 1990-tallet økte både små og store moser• i senere tid har økningen i store moser skjedd på bekostning av mindre moser som overvokses og skygges ut	RH Økland; K005, K011 T Økland; K013 Bakkestuen; K023
Bjørk	Temperatur, nedbør, snø- dekke	<ul style="list-style-type: none">• liten endring i knoppsprett lengst i nord i perioden 1964-2003 (viss trend til senere knoppsprett i et område)• generelt tidligere høstgulning over samme periode	KA Høgda; K016
Felt- og bunn- sjikt	Temperatur, nedbør, snø- dekke	<ul style="list-style-type: none">• skrubbar, smyle og moser har sprett seg over tidligere lavområder etter overbeite av rein	KA Høgda; K016
Bjørk	Temperatur, nedbør, snø- dekke, vind	<ul style="list-style-type: none">• nordlige og kystnære provenienser var i begrenset grad eller negativt påvirket av økt vintertemperatur• sørlige alpine provenienser viser positivt vekstre-aksjon på økt vintertemperatur• sørlige provenienser er dårligst tilpassa endringer i vekstforhold	O Skre; K015
Gran	Temperatur, daglengde	<ul style="list-style-type: none">• vekstrytme reguleres av klimaet under frøformeringen• denne hukommelsen bidrar til en rask justering av enkelte avkommeegenskaper fra en generasjon til neste, og dermed til en bedre klimatilpassing	T Skrøppa; K008
Bjørk	Temperatur	<ul style="list-style-type: none">• frekvens og omfang av fjellbjørkemålerutbrudd kan forventes å øke ved økt vintertemperatur	H Tømmervik; K017, K018
Generell vegetasjon	Temperatur, nedbør, vekst- sesongens lengde	<ul style="list-style-type: none">• Vekstsesongens lengde er blitt kortere i nordlige alpine og kontinentale områder noe som skyldes økt nedbør og snømengde	FE Wielgolaski; K025

Gran	Temperatur, nedbør, vekstsesongens lengde	<ul style="list-style-type: none"> Regionale forskjeller i klimatiske responser i tilvekst hos gran I lavlandet i sørøst Norge er tilveksten begrenset av juni-nedbør, mens juni-temperaturen er mest avgjørende i andre regioner og høydeler 	K Andreassen; K024
Tresjikt	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> som kan bli tresatt ved temperaturendring er modellert ved 1°C oppvarming vil 48% av arealet over skoggrensa teoretisk kunne bli tresatt 	GH Strand; K028
Tresjikt	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> diskuterer endringer i skoggrensa 	JY Larsson; K027

Dyr

Organisme	Påvirkning	Effekt	Kilde
Hjort	NAO	<ul style="list-style-type: none"> kroppsvekten til hjort og sau viser ikke-lineær og reversibel sammenheng med NAO (høy NAO-indeks gir økt kroppsvekt), trolig relatert til vinterklimaets sammenheng med sommerbeitets kvalitet det var ingen sammenheng mellom ovulasjonsrater eller tidspunkter og NAO det var positiv sammenheng mellom NAO, lite snø i lavere høydeler (<400m) og andel hannkalver i bestanden på Vestlandet; det ble følgelig færre hannkalver pga. næringsstress for mødrene i strenge vintrer 	A Mysterud; K044, K045, K046
Hjort	Snødekke NAO	<ul style="list-style-type: none"> snødypp i januar forklarer 20% av variasjonen i kroppsvekt hos kalver kalvers kroppsvekt var i begrenset grad påvirket av vinterklimaet mens moren var drektig med kalven, men var derimot mer avhengig av morens generelle kvalitet, i større grad for hanner enn for hunner 	E Solberg; K003
Elg	Temperatur Nedbør Snødekke	<ul style="list-style-type: none"> hanner av årskalver viste bedre vekst i kjølige og tørre somrer vekt for voksne hanner var korrelert med bestandsstørrelse og kjønnsforholdet hunner viste ikke spesiell variasjon med klima variasjon i snødypp og sommertemperatur påvirket hunnens kondisjon før unnfangelse og dermed rekrutteringsraten og bestandens vekstrate klimaet i fødselsåret påvirker vekten som voksen, mer for hanner enn for hunner 	E Solberg; K047
Rådyr	Snødekke NAO	<ul style="list-style-type: none"> snødypp hadde negativ mens NAO hadde positiv sammenheng med bestandenes vekstrate sammenhengen i bestandsendringer over større områder skyldes i hovedsak klimaet (snødekket) 	V Grøtan; K048
Svarthvit fluesnapper	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> tidligere hekking i år med tidlig vår 	JA Kålås; K056
Granbarbeille	Vind/storm	<ul style="list-style-type: none"> økt frekvens av kraftige stormer vil kunne gi hyppigere men kortere barbeilleutbrudd 	B Økland; K 050

FERSKVANN

Organisme	Påvirkning	Effekt	Kilde
Ørret, røye	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> Økt vekst med økt temperatur (Atnesjøen) 	T Hesthagen; K030
Ørret	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> Vekstforhold i forhold til temperatur 	T Hesthagen; K031
Laks	Temperatur,	<ul style="list-style-type: none"> Høyere temp under egginkubasjon gir økt vekst 	N Jonsson;

	vannføring, NAOI	<ul style="list-style-type: none"> første år og økt utvandring av smolt Imsa 	K032, K033
Laks	Temperatur, NAOI	<ul style="list-style-type: none"> Høyere temp gir tidligere kjønnsmodning Imsa 	N Jonsson; K034
Sjøørret	Temperatur, NAOI	<ul style="list-style-type: none"> Økt temp gir tidligere og raskere utvandring til sjøen (våren) Økt temp gir senere oppvandring fra sjøen (høsten) Imsa 	N Jonsson; K036
Laks	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> 5 elver Optimale temp for fødeopptak (19-21oC) og vekst (16-20oC) Ingen tilpasninger 	B Jonsson; K037
Røye	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> 11 bestand Maks vekst ved temp 14-17oC 	T Forseth; K038
Laks	Temperatur Isdekke	<ul style="list-style-type: none"> Mindre isdekke øker dødeligheten av laksesmolt 	A Finstad; K057
Laks	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> Vekst og energioptak i forhold til temperatur varierer mellom lokale populasjoner 	A Finstad; K058
Røye, ørret, laks	Temperatur Isdekke	<ul style="list-style-type: none"> Vekst, energioptak og metabolisme påvirket av isdekke, men varierer mellom artene, og mellom populasjoner Nordlige populasjoner av atlantisk laks og røye mest sensitive 	A Finstad; K059, K060
Avrenningsvann	Temperatur, CO2	<ul style="list-style-type: none"> CLIMEX eksperiment Økt utlekking NO3 fra jord til vann 	R Wright; K039
Innsjø- økosystem	Temperatur (vind)	<ul style="list-style-type: none"> THERMOS eksperiment Ingen vesentlig endring i vannkjemi eller organisme grupper Zooplankton sammensetning endres 	E Lydersen; K041
Insekter	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> 2 elver Temp påvirker insektsamfunn 	J Brittain; K040

KYST

Organisme	Påvirkning	Effekt	Kilde
Trekkfugl	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> Ingen generell forskyvning av ankomstdato for 71 arter av trekkfugler i Troms i perioden ca. 1980-2000) Median ankomstdato for 31 trekkfugl var negativt korrelert med middeltemp i mars-mai 7 arter (tjeld, stær, vipe, linerle, rødvingetrost, rødstilk, gjøk) viste signifikant negativ korrelasjon mellom ankomst dato og temp, mens svart-hvit fluesnapper viste positiv korrelasjon <i>(Merk: dette omfatter arter knyttet til en rekke naturtyper, ikke bare kyst, og resultatene er trolig nokså uavhengig av naturtype)</i> 	RT Barrett; K042
Sjøfugl	Temperatur NAO	<ul style="list-style-type: none"> Høyere overflatetemperatur i havet er korrelert med dårligere tilgang på næring og dårligere overlevelse hos voksne fugler (eks. lomvi: 1% økning i Nordsjøens overflatetemp gir 4% nedgang i voksen overlevelse; samme mønster for andre arter) 	H Sandvik; K001
Sjøfugl: Lunde på Røst og sjøfugl generelt	Temperatur NAO	<ul style="list-style-type: none"> Generelt kan klimaeffekter i hovedsak forventes som indirekte effekter gjennom tilgang (mengde og tidsmessig fordeling) av næring eller habitat; overlevelse hos voksne fugler (med lang livslengde) vil trolig være mindre følsom enn reproduksjonen og vekst av unger Lunde: Start på hekkesesongen: for 1978-86 og etter 1994 ga positiv NAO (med varmere vann og 	T Anker-Nilssen; K043

		<p>bedre reproduksjon for sild) tidligere hekkestart, men det var ingen slik sammenheng 1987-94</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lunde: Ungevekst viser ingen klare mønstre • Lunde: Rekruttering/utflygingssuksess er høyere ved høyere sjøtemperatur og mer 0-gruppe sild • Lunde: Voksenoverlevelse i året etter hekkese-songen er positivt relatert til sjøtemperaturen jan-mai i foregående hekkeseongen rundt kolonien på Røst, mens den er negativ for 2 britiske kolonier (Skomer, Fair Isle), muligens også for Hornøya; dette er trolig knyttet til byttedyrenes (sild ved Røst, lodde og sil ved Hornøya, sil for de øvrige) respons på temperaturendringer 	
--	--	---	--

HAV

Organisme	Påvirkning	• Effekt	Kilde
Sild	Temperatur (som proxy)	<ul style="list-style-type: none"> • positiv effekt for overlevelse av yngel 	R Toresen, K002
Torsk	Temperatur (som proxy)	<ul style="list-style-type: none"> • positiv effekt på overlevelse og utbredelse av torskeegg og yngel 	G Ottersen; K053, K054
Torsk, Lodde, Sild	Temperatur NAO	<ul style="list-style-type: none"> • vekst øker med havtemperatur • temperatur og NAO påvirker indirekte populasjonbestand hos lodde, gjennom påvirkning på reproduksjonen til predatorerne torsk og sild 	D Hjermann; K052
Laks	NAOI, Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> • Ugunstig klima delvis årsak til nedgang i marin lakseproduksjon 	B Jonsson; K035
Fisk	Temperatur	<ul style="list-style-type: none"> • En rekke artikler som omhandler klimaeffekter i hav 	H Loeng; K051

ARKTIS

Organisme	Påvirkning	• Effekt	Kilde
Rein, Svalbard	Temperatur Nedbør Snødekke	<ul style="list-style-type: none"> • økt dødelighet av spesielt unge og gamle dyr i vintre med mye nedbør og nedising av beitene • ingen klar effekt av sommerklimaet på bestandsdynamikken • både lokale og regionale klimamønstre synes å bidra til å synkronisere dynamikken for 3 bestander 	E Solberg; K022
Gjess	Temperatur Vekstsesong	<ul style="list-style-type: none"> • arktiske gåsebestander trekker tidligere tilbake som respons på tidligere vår 	IM Tombre; K029

Utredninger oversikt

2003

- 2003-1: Contamination of the terrestrial environment near the Norwegian - Russian border: Arsenic, chromium, cobalt, and selenium in vegetation. 50,-
- 2003-2: Bestandsstatus for laks i Norge 2002. Rapport fra arbeidsgruppe 50,-
- 2003-3: Mulige skadevirkninger av vassdragskalking på biologisk mangfold 50,-
- 2003-4: Friluftsliv for funksjonshemmede. Anbefalinger om tiltak for å bedre funksjonshemmedes muligheter til friluftsliv 50,-
- 2003-5: Laksen er tilbake i kalkede Sørlandselver - reetableringsprosjektet 1997-2002 50,-

2004

- 2004-1: Store og Lille Hovvatn i Aust-Agder - en samlerapport etter 25 år med forsøringsundersøkelser og kalking. 50,-
- 2004-2: Sportsfiske etter sjørret i Trondheimsfjorden. Deltakelse i fisket og estimering av fangst 50,-
- 2004-3: Satellittdata til kartlegging av arealdekke. Utprøving av beslutningstremetodikk i Østfold fylke 50,-
- 2004-4: Vannkjemisk og biologisk utvikling i innsjøen Vegår i Aust-Agder etter 17 år med kalking 50,-
- 2004-5: Moser i kulturlandskapet og registreringer i åkerkanter og beitemark i Trondheimsfjordområdet. 50,-
- 2004-6: Bestandsstatus for laks i Norge 2003. Rapport fra arbeidsgruppe 50,-
- 2004 -7: Vossolaksen - bestandsutvikling, trusselfaktorer og tiltak 50,-

2005

- 2005-1: Report of the workshop on introduced marine organisms: Risks and management measures 50,-
- 2005-2: Nasjonal overvåking av marint biologisk mangfold i kystsonen 50,-
- 2005-3: Bleka i Byglandsfjorden - bestandsstatus og tiltak for økt naturlig rekruttering 50,-
- 2005-4: Bestandsstatus for laks i Norge 2004. Rapport fra arbeidsgruppe 50,-
- 2005-5: Effekter av kalking på biologisk mangfold. Undersøkelser i Tovdalsvassdraget 1999-2001 nettverson 50,-
- 2005-6: Endringer i norsk flora 50,-
- 2005-7: Utvärdering av Norges nationella övervakningsprogram för stora rovdjur nettverson
- 2005-8: Satellittbilder til kartlegging av arealdekke endringer - en utprøving av metodikk for utvalgte inngrepstyper 50,-
- 2005-9: Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2001-2003 50,-
- 2005-10: Reetablering av laks på Sørlandet. Årsrapport fra reetableringsprosjektet 2004 50,-

2006

- 2006-1: Effects on the marine environment of ocean acidification resulting from elevated levels of CO₂ in the atmosphere 50,-
- 2006-2: Effekter av klimaendringer på økosystemer og biologisk mangfold 50,-

Utredning er utarbeidet av andre på oppdrag av DN eller i et samarbeid med DN. Innholdet har karakter av råd til DN.

Rapport er utarbeidet av DN, og gir uttrykk for direktoratets forslag eller standpunkter.

Notat er enklere oversikter, sammenstillinger, referater og lignende.

Håndbok gir veiledning og konkrete råd om forvaltning av naturen, som regel til bruk for lokale forvaltningsorganer

Temahefte gir en popularisert framstilling av et tema.

Mer info:
www.dirnat.no/publikasjoner

Direktoratet for naturforvaltning (DN) er det sentrale, utøvende og rådgivende forvaltningsorganet innenfor bevaring av biologisk mangfold, friluftsliv og bruk av naturressurser. DNs visjon, For liv i naturen og natur i livet, er et uttrykk for dette. DN er administrativt underlagt Miljøverndepartementet.

Myndigheten til å forvalte naturressurser er gitt gjennom ulike lover og forskrifter. Ut over lovbestemte oppgaver har direktoratet også ansvar for å identifisere, forebygge og løse miljøproblemer ved samarbeid, rådgivning og informasjon overfor andre myndigheter og grupper i befolkningen.



Direktoratet for
naturforvaltning