

Effekter av klimaendringer på arter, økosystem og samfunn

Sluttrapport fra strategisk instituttsatsing (SIS) 2011-2015

Bror Jonsson (red.)

Effekter av klimaendringer på arter, økosystem og samfunn

Jonsson, B. (red.) 2015. Effekter av klimaendringer på arter, økosystem og samfunn. Sluttrapport fra strategisk instituttsatsing (SIS) 2011-2015. - NINA Temahefte 63. 23 s.

Trondheim, januar 2016

ISSN: 0804-421X

ISBN: 978-82-426-2849-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

GRAFISK FORMGIVING

Kari Sivertsen, NINA

OMSLAGSFOTO

Forside: Zandra Tollefsen, NINA (Børgefjell)

Bakside: Nina Jonsson, NINA

OPPLAG

80



KONTAKTOPPLYSNINGER

Norsk institutt for naturforskning (NINA)

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, 7485 Trondheim

Telefon 73 80 14 00

<http://www.nina.no>

Effekter av klimaendringer på arter, økosystem og samfunn

Sluttrapport fra strategisk instituttsatsing (SIS) 2011-2015

Bror Jonsson (red.)

Innhold

Innhold	2
Forord	3
1 God krok krøkes tidlig: fostertemperaturens betydning for laksens liv	4
2 Effekter av klimaendring på vekst hos furu varierer i tid og rom	6
3 Klima påvirker konkurranseforholdet mellom ørret og røye	10
4 Smågnagerne gir puls og liv til høyfjellet	12
Smågnagerpuls i utakt	12
Gartnere i egne hager	13
Lemen, en vinterspesialist som liker seg best i snøleiene	14
Mer busker og trær i høyfjellet kan gi lavere, men mer stabile smågnagerbestander	15
Spesialistpredatorer klarer seg ikke uten smågnagere	15
5 En kald skulder fra frosne bunndyr?	16
6 Klimaeffekter på tvers av økosystemer	18
7 Klimaskeptikere i Norge	20
8 Publikasjoner fra programmet	22

Forord

Klimaet er i forandring. Slik har det vært til alle tider. Men aldri synes forandringen å ha vært så rask som nå. Dette startet ved den industrielle revolusjonen og skyldes økte utslipp av klimagasser. Lufttemperaturen på jordoverflata steg med ca. 1°C i forrige århundre. En stor del av økningen skjedde etter 1970, og har gitt tydelige forandringer i økologien til mange arter. Framover ventes en betydelige sterkere temperaturstigning med konsekvenser for planter, dyr og oss mennesker. Naturforskere verden over betrakter klimaendringene som menneskehetens kanskje største utfordring de neste 100 årene.

Ved siden av temperaturstigningen øker nedbørmengden over Norge. Hvorvidt økningen kommer som snø eller regn vil variere med høyden over havet og avstanden til kysten. Episodene med ekstremvær vil sannsynligvis bli kraftigere, og spørsmålet blir om ville arter kan tilpasse seg klimaendringene gjennom fleksible forandringer i livsmønsteret, ved genetisk seleksjon eller ved forflytning til nye områder. Eller vil tapet av arter og økologiske funksjoner bli stort?

Som bidrag til svar på klimautfordringene, gjennomførte NINA i perioden 2011-2015 en strategisk satsing (SIS) med forskning på effekter av klimaendringer på utvalgte organismer, samfunn og økosystemer i vann og på land. I programmet gjennomførte vi studier både inne i laboratoriet og ute i felten. Vi har studert virkninger på enkeltarter som laks og lemen, og evaluert hvorvidt en indeks for planteproduksjon avdekker effekter av temperaturvariasjon hos furu. Videre studerte vi hvordan klima påvirker konkurranseforhold og utbredelse av

to nærstående arter, ørret og røye, og hvordan snø og andre forhold i fjellet påvirker samfunn av smågnagere og bunnlevende, virvelløse dyr i fjellbekker. Klimaendringene påvirker økosystemene og næringstransporten mellom økosystemene på land og i vann. Vi har studert hvordan dette igjen påvirker enkeltarter. Til slutt har vi spurt hvilke holdninger et utvalg av nordmenn har til klimaendringene, og hvordan holdningene henger sammen med utdanning, kjønn og sosiale forhold.

Rapporten gir et sammendrag av viktige resultater fra studiene. Bakerst i rapporten gir vi fulle referanser til de vitenskapelige publikasjonene fra SIS-arbeidet slik at interesserte lettere kan fordype seg i grunnlaget for resultatene.

God lesning!

Oslo og Trondheim, 13. januar 2016.

Bror Jonsson, redaktør

1 God krok krøkes tidlig: fostertemperaturens betydning for laksens liv

Bror Jonsson, Nina Jonsson & Anders G. Finstad

Hos fisk må rogn tilføres en viss varmemengde før fosteret er ferdig utviklet og bryter eggskallet. Men, påvirker fostertemperaturen fiskene også senere i livet?

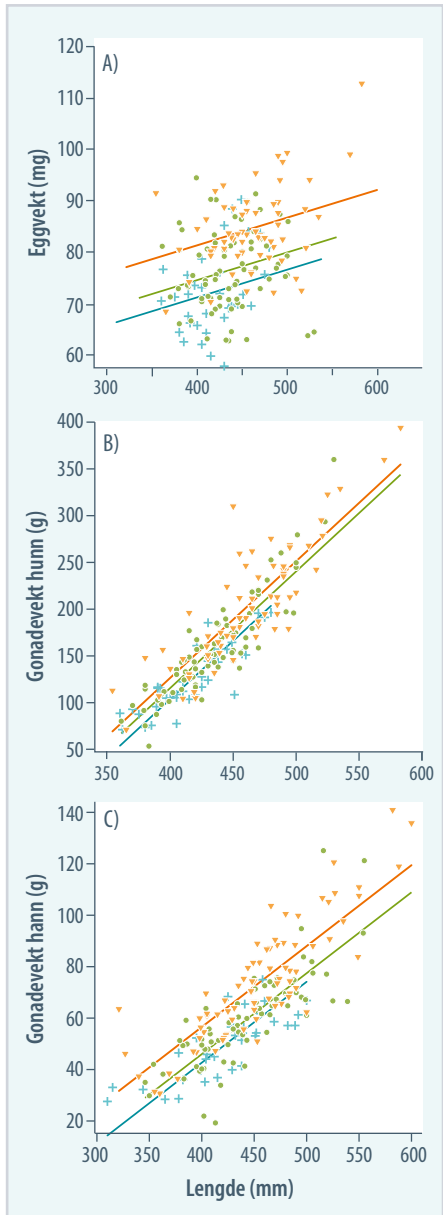
Mengden og kvaliteten på maten bestemmer hvor fort laksunger vokser. Analyse av feltdata viste imidlertid at dette ikke er hele sannheten. I elva Imsa vokser årskull av laksunger bedre om fosterutviklingen skjer i milde enn i kalde vintre. Dette var så overraskende at det måtte testes eksperimentelt.

Grupper av laks ble utviklet fram til klekking ved naturlig vinter-temperatur og i ca. 4°C varmere vann. Ved klekking ble de 'kalde' gruppene delt. Halvparten ble overført til oppvarmet vann der de ble holdt fram til startforing (blandgruppe). Den andre delen ble oppdrettet ved naturlig, kald elvetemperatur. I mars begynte elvetemperaturen å stige og nådde temperaturen i det oppvarmede vannet i april. Da ble oppvarmingen slått av, og gruppene oppdrettet videre ved samme temperatur (Figur 1.1). I august var ungene 10 cm lange, og maksimal veksthastighet testet ved forskjellige, stabile temperaturer. De begynte å vokse ved 6 °C og sluttet å vokse ved 25 °C, fortest vokste de ved 19 °C. Det var ingen signifikant forskjell på veksten til fiskene i den kalde gruppen og 'blandgruppen', mens fiskene i varmtvannsgruppene vokste best. Altså, temperaturen under fosterutviklingen påvirket laksungene senere i livet. Laksunger som hadde hatt fosterutvikling i varmere vann om vinteren spiste mer og vokste fortere, enn de ville gjort om de på fosterstadiet ble utviklet i kaldere vann.

Neste vår ble ungene smolt, overført til saltvann og føret fram til kjønnsmodning 18 måneder senere. I saltvann var veksthastigheten lik, men størrelsesfordelen varmtvannsgruppen fikk tidlig i livet ble beholdt fram til kjønnsmodning. Som kjønnsmodne fikk varmtvannsgruppen større kjønnskjetler og hunnene større rogn i forhold til sin kroppsstørrelse enn fiskene i de



Fig. 1.1. Temperatur i varmt (—), blandet (—) og naturlig kaldt vann (—) under fosterutviklingen hos laks. Pilene indikerer dato for (A) befruktning, (B) overføring av blandet gruppe fra naturlig til oppvarmet vann, og startforing under (C) varm, (D) blandet- og (E) naturlig temperaturbehandling.



Voksen laks. Foto: Nina Jonsson

andre gruppene (Fig. 1.2). Størrelsen på rogn og kjønnskjerter påvirker størrelsen på og antallet avkom, og er viktig for formeringsevnen. Store rogn og mer melke gir avkommet bedre overlevelse i et varmere klima. Ved moderat klimaendring tilpasser laksen seg således endrete temperaturforhold. Mekanismen som muliggjør slik fleksibilitet er ukjent. Det er ikke tidligere vist at temperaturen under fosterutviklingen har en slik langvarig effekt på fiskers vekst og reproduksjonsevne uten at det er genetisk forskjell på gruppene.

Fig. 1.2. Gjennomsnittsvekt på (A) egg, (B) hunn gonader og (C) hann gonader mot total lengde (mm) for laks med fosterutvikling under naturlig, kald vann temperatur på egg- og plommesekestadiet (+, —), naturlige vanntemperaturer på eggstadiet og oppvarmet vann på plommesekestadiet (•, —), og oppvarmet vann både på egg- og plommesekestadiet (▼, —).

2 Effekter av klimaendring på vekst hos furu varierer i tid og rom

Ingvil H. Kålås & Annika Hofgaard

Kunnskap om effekter av regional klimavariasjon på vegetasjon er viktig for å øke kunnskapen om konsekvensene av globale klimaendringer.

Trevekst og en indirekte indeks for mengde grønn vegetasjon, NDVI (Normalisert Difference Vegetasjon Index), brukes ofte som mål for vegetasjonsproduksjon, og som indikatorer på vegetasjonens respons på klimaforhold. Imidlertid varierer sammenhengen mellom trevekst og klima, og effekten av temperaturen i vekstsesongen på bartrærnes vekst har blitt mindre tydelig i de siste tiårene. Fire områder (**Figur 2.1**) med forskjellige klimaforhold langs nord-sør- og kyst-innland-aksene i Norge (**Figur 2.2**), er brukt til å studere effekter av klimaforhold (temperatur og nedbør) på vekst av furu (diameter, høyde) og forhold mellom vekst og NDVI siden 1960.

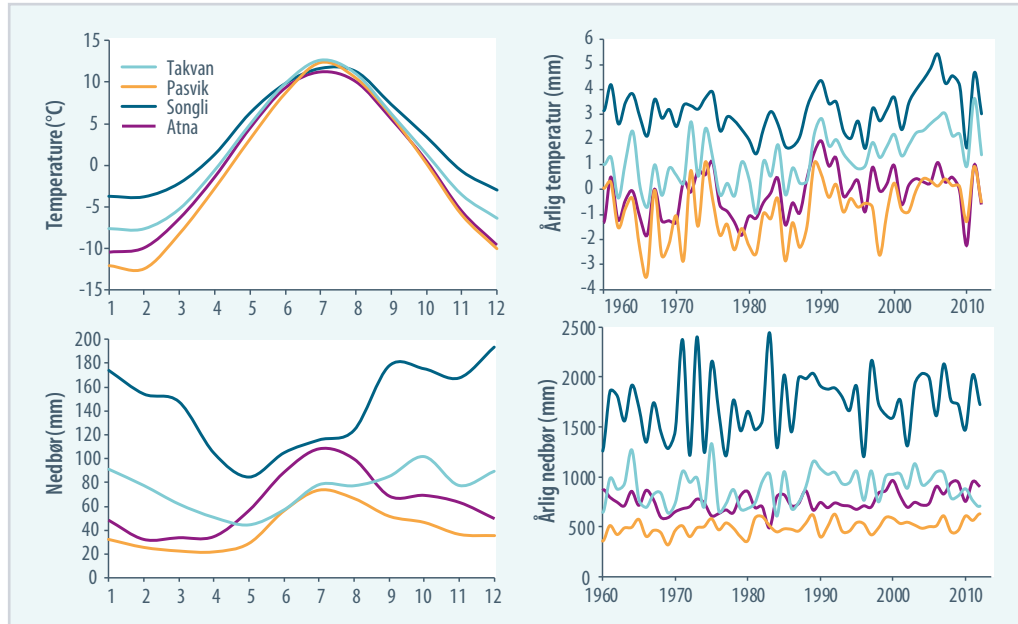
Trærnes tykkelsesvekst økte med temperaturen i juli (**Figur 2.3**). Det er imidlertid perioder siden 1960 da sammenhengen mangler (**Figur 2.4**). For høydevekst var det tydeligst sammenheng med august-temperaturen året før veksten, med negativ effekt i nord og positiv i sør (**Figur 2.3**). I nord var denne sammenhengen mest tydelig i begynnelsen av studieperioden, i sør var den mest tydelig mot slutten (**Figur 2.4**). For nedbør ble det både for diameter- og høydevekst funnet noen få signifikante positive sammenhenger med måneder utenfor vekstsesongen, men dette var lite konsistent (**Figur 2.3** og **2.4**). NDVI målt for månedene i vekstsesongen (mai-sep.) var ikke

signifikant korrelert med verken tykkelses- eller høydevekst for noen av de inkluderte studieområdene. Selv om trevekst er godt korrelert med klimaet i vekstsesongen, indikerer studien at de tre produksjonsvariablene bør brukes med forsiktighet fordi det er perioder med manglende sammenheng mellom trevekst og klima. Derved kan temperaturdata fra vekstsesongen få lav overføringsverdi om en trenger detaljert kunnskap om vekst hos furu, for eksempel for beregning av fremtidige endringer i skogproduksjon i et endret klima. For slike undersøkelser bør en bruke observerte verdier for vekst fra både relevante klimasoner og fra perioder med ulike klimatrender.



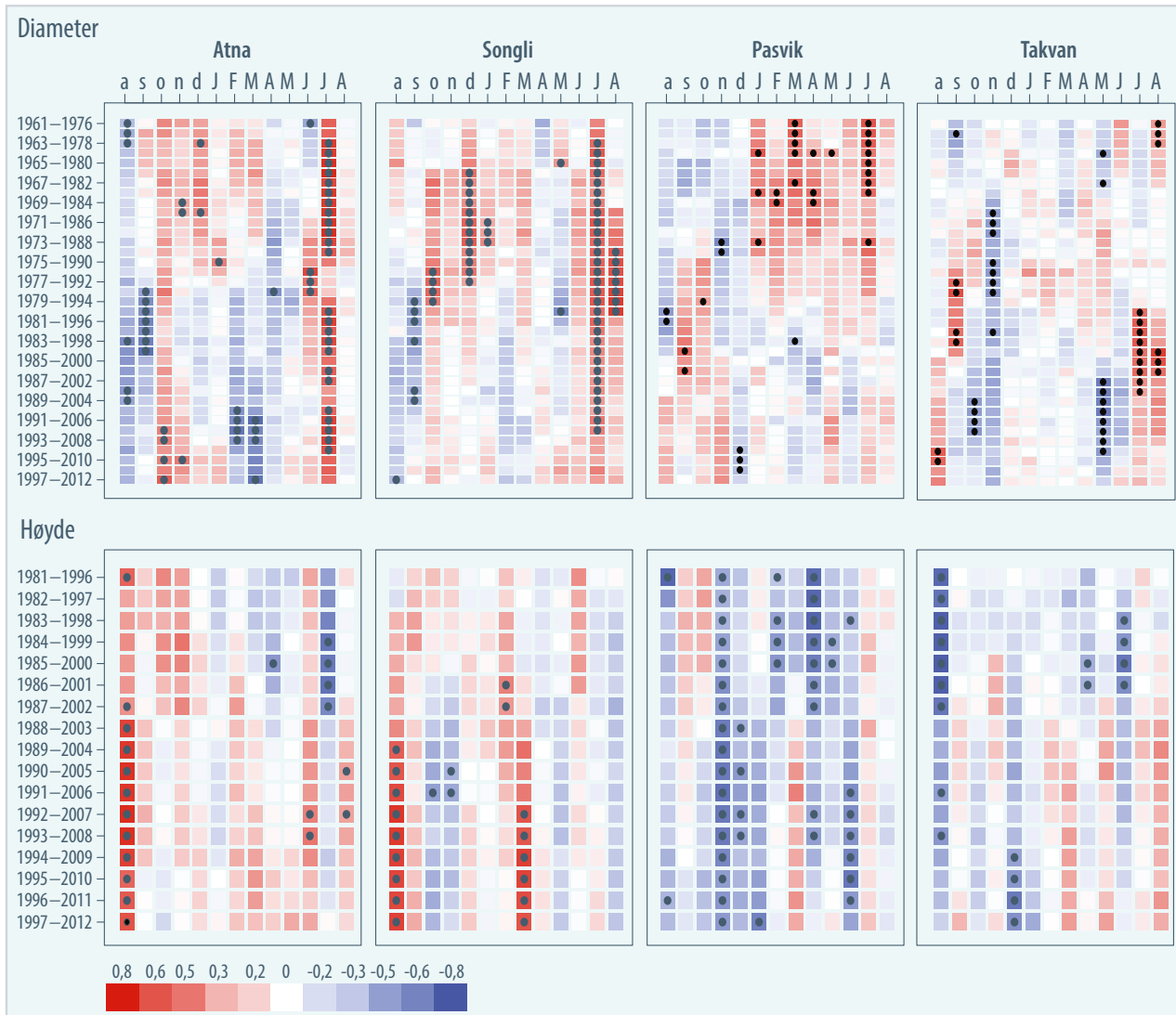
Figur 2.1. Studieområder brukt i analysene er Takvan som nordlig kystnæreområde, Pasvik som nordlig innlandsområde, Songli som sørlig kystnært område og Atna som sørlig innlandsområde. Bildene viser prøvetaking av trær til analyser av diameter- og høydevekstens respons på klimaendringer.

Figur 2.2. Temperatur- og nedbørutvikling i perioden 1960-2012. Øverst: månedlig snitttemperatur (venstre) og årlig snitt temperatur (høyre). nederst: månedlig snittnedbør (venstre) og årlig totalnedbør (høyre). Klimadataen er basert på griddata nedlastet fra Norsk Meteorologisk institutt (<http://eklima.met.no>).



Figur 2.3. Sammenheng mellom vekst hos furu og månedstemperaturer (øverst) og månedsnedbør (nederst) for standardisert diametervekst (venstre) og standardisert høydevekst (høyre). Analysene omfatter perioden 1960-2012 for diametervekst og 1980-2012 for høydevekst. Inkluderte måneder er fra august året før vekståret til august i vekståret. Måneder med signifikant korrelasjon er indikert med linje som viser standardavvik.





Figur 2.4. Variasjon i sammenhengen mellom månedstemperaturer og vekst hos furu i de fire studieområdene. Analyserte måneder vises langs x-aksen øverst i figuren og inkluderer perioden fra august året før vekståret (a) til august i vekståret (A). Sammenhengen for diametervekst (1960–2012) vises i figurens øverste del og høydevekst (1981–2012) i nedre del. Verdiene representerer 16-års intervall med ett år skift mellom intervallene. Røde farger viser positiv sammenheng og blå negativ. Sorte prikker markerer perioder med signifikante sammenheng mellom vekst og klima.

3 Klima påvirker konkurranseforholdet mellom ørret og røye

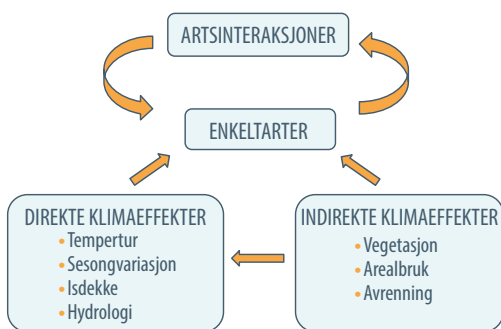
Ingeborg P. Helland, Anders G. Finstad, Ola Ugedal, Ditte K. Hendrichsen & Grethe Robertsen

Ørret og røye er to vanlige, innsjølevende ferskvannsfisker. Når de lever sammen, er de sterke konkurrenter. I innsjøer der bare en av artene finnes, kan konkurransen ha vært så stor at den ene har fortrengt den andre. Men hva avgjør om det er ørret eller røye som er den sterkeste konkurrenten?

Ørret dominerer i grunne, varme innsjøer, mens røye ofte er sterkeste konkurrent i kalde innsjøer, og den lever lengst mot nord av de to. Det har derfor vært antatt at artene har ulike temperaturtilpasning, og at dette er grunnen til artenes forskjellige utbredelse. Dette er imidlertid ikke riktig: Ørret og røye har omtrent samme temperaturpreferanse. Gjennom en kombinasjon av fysiologiske laboratorieforsøk, atferdsekspirimerter i akvarier og bestandsdata fra prøvefiske i et høyt antall innsjøer, viste vi at det er klima sammen med næringsrikdommen i innsjøen som er avgjørende for konkurranseutfallet.

Klima påvirker miljøforholdene i vann både direkte, som for eksempel vanntemperatur og isdekke, og indirekte ved at det påvirker forhold i nedbørsfeltet rundt innsjøen, slik som vekst i vegetasjon og avrenning av næringsstoffer (Figur 3.1). Miljøforholdene kan igjen påvirke både enkeltartene og samspillet dem imellom.

Studiene viste at isdekke og næringsavrenning fra nedbørsfeltet påvirket konkurransen. Det er vanskelig både for ørret og røye å overleve vinteren på grunn av matmangel og lav temperatur. Men røye bruker relativt sett mindre energi til opprettholdelse av kroppsfunksjonene enn ørret. Den får derfor lettere et energioverskudd fra maten og er en sterkere konkurrent i innsjøer med langvarig isdekke og lite mat. I innsjøer der temperaturen er optimal og næringsforholdene gode, slik som i grunne, varme innsjøer med kort vinter, er det imidlertid ørret som vinner konkurransen. Da forsvinner energifordelen til røye. Men for å vinne, må det være noe annet som gir ørreten en fordel.



Figur 3.1. Klima virker inn på miljøforholdene direkte i innsjøer og indirekte gjennom nedbørsfeltet. Det påvirker dermed både enkeltarter og samspillet mellom artene.



Røye. Foto: Anders G. Finstad

For å forstå det utførte vi atferdsstudier. Vi undersøkte hvordan ørret og røye oppfører seg overfor hverandre under ulike klimaforhold. Vi simulerte vinter- og sommerforhold og studerte hvordan artene oppførte seg. Ørreten var svært aggressiv og dominerende, mens røya var unnvikende, og derfor mer energieffektiv. Gjennom å slåss fikk ørreten tilgangen til matressursene. Dette ga den en fordel når det var mye mat som kunne forsvares. Kostnaden var et høyt energiforbruk. Røya slåss lite og mistet lett tilgang til maten, men til gjengjeld trengte den mindre mat. Disse to atferdsmessige strategiene er gunstige under ulike klimaforhold, og forklarer hvorfor ørret er mer

vanlig i grunne innsjøer med gode næringsforhold og varmt vann. Røya er utbredt der det er kaldt og mindre mat. I dype innsjøer vil de kunne sameksistere ved å ha forskjellige levesteder. Ørreten lever langs land og nær overflata der maten kan forsvares gjennom aggressiv atferd. Røya lever på dypet der det er kaldt og mørkt og ute i vannmassene, der ressursene ikke kan forsvares gjennom aggressiv atferd.

Disse resultatene kan hjelpe oss til å forstå hvordan konkurransen mellom andre arter kan være styrt av samspillet mellom klimavariasjon, atferdsmessige og fysiologiske tilpasninger.

4 Smågnagerne gir puls og liv til høyfjellet

Nina E. Eide, Marianne Evju, Kristin O. Nystuen, Jane U. Jepsen, Eeva Soininen, Maryline Le Vaillant, Tomas Meijer, Bente J. Graae, Anders Angerbjörn, Rolf A. Ims & Graciela Rusch

Klimaet har vesentlig innvirkning på smågnagerdynamikken i fjellet. Smågnagerne er nøkkelarter, som virker både nedover og oppover i næringskjedene. Uten deres tilstedeværelse ville fjellet sett ganske annerledes ut. De beiter så hardt på vegetasjonen at det synes fra verdensrommet. Dette legger til rette for frøspiring og plass til nye planter. Smågnagerne er også helt sentrale byttedyr for en rekke smågnagerspesialister som bare får fram unger i smågnagerår. Opphør av denne pulsen vil kunne gi dramatiske endringer i dynamikk, landskapsstruktur og det totale artsmangfoldet i høyfjellet i Norge.

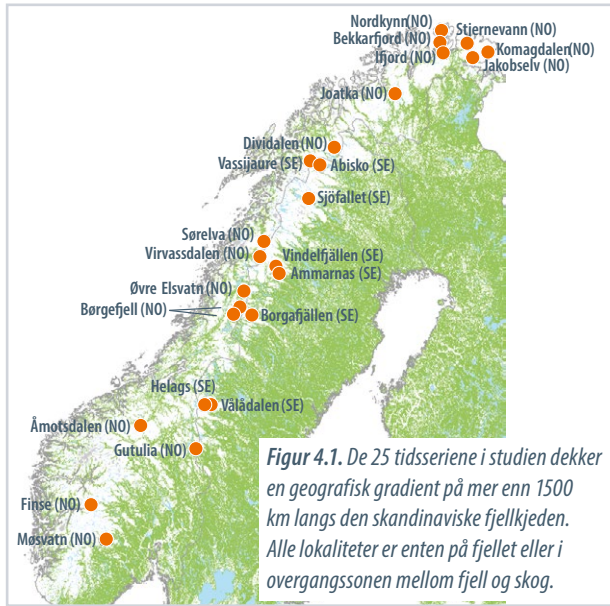
Smågnagerpuls i utakt

Smågnagerne i fjellet har siden uminnelige tider hatt toppår med få års mellomrom. De siste tiårene har dette endret seg. Noen steder har dynamikken flatet ut, andre steder har den kollapset helt. Den generelle trenden er lenger mellom toppårene og lavere topper. Denne endringen synes å ha sammenheng med varmere vinter med regn midtvinters, som fryser smågnagerens mat fast i isen, slik at maten blir vanskelig tilgjengelig. Særlig lemen synes å være sensitiv for mildvær og regn vinterstid. Uten rikelig med mat om vinteren kan de ikke yngle vinterstid, og bestandsveksten vil da begrenses. Hypotesene knyttet til vinterklima bygger på studier fra noen få steder i norske høyfjell.

For å få mer kunnskap om hvorfor smågnagerpulsene er i endring, har vi utfordret andre smågnagerforskere fra Norge, Sverige og Finland til å bidra med dataseriene sine. Resultatet er en samling av 25 tidsserier på smågnagere i fjell/skoggrensen fra Møsvatn og Finse i sør, til Nordkynn- og Varangerhalvøya i nord. Lengden på seriene varierer fra 9–45 år. Disse tidsseriene

danner grunnlaget for en makroøkologisk studie, der vi undersøker hvordan klima og landskapsutforming påvirker pulsen i fjellets næringsnett (**Boks 4.1**). Foreløpige resultater viser at dominansen av gråsidemus i smågnagersamfunnet øker med økende forekomst av lavalpine habitater. Der var imidlertid få tidsserier med dominans av lemen, noe som muligens kan forklare at vi ikke fant en sammenheng mellom smågnagersamfunnets sammensetning og hyppigheten av toppår. Vi fant støtte for hypotesene knyttet til vinterklima, med en tydelig sammenheng mellom snødekkets varighet og lemen-dominans. Koplingen til vinterklima analyseres nå nærmere i samarbeid med de 13 forskerne som bidrar med data i dette arbeidet.

Som avsnittene videre viser så kan endring i smågnagerdynamikken få store følger for høyfjellets artsdiversitet og økologi.



Gartnere i egne hager

Satellittbilder viser at plantebiomassen i høyfjellet blir redusert med 12 til 24 % etter et år med mye smågnagere. I hvilken grad smågnagere påvirker regenerering av fjellplantene er lite kjent. Vi undersøkte om smågnagernes beiting på vegetasjonen påvirket frøspiringen somrene 2011 og 2012, under og etter det store smågnageråret i 2011. Smågnagerne roter rundt i strø og jord og kutter blåbær og krekling over store områder når det er mange av dem. Vi fant flere spireplanter i prøveflaten med mange spor av smågnageraktivitet. Det synes som om smågnagerne åpner luker i vegetasjonen som gir plass til nyetablering av spireplanter (**Figur 4.2**). Gnagernes betydelige beiting og gjødsling i fjellet har trolig større innvirkning på utformingen av vegetasjonen og artsmangfoldet i høyfjellet enn tidligere antatt. Muligens gir beitingen på den måten økt tilgang til prefererte beiteplanter og en positiv tilbakekoplingsmekanisme til smågnagerbestanden.



Figur 4.2.

Boks 4.1. Hva bestemmer smågnagersvingningene?

Smågnagersamfunnets artssammensetning bestemmer hyppighet av toppår:

Lemen er den eneste smågnagerarten som er kjent for å reproducere om vinteren. Artenes lange reproduksjonssesong gjør at lemenpopulasjonene kan øke vesentlig raskere enn de andre gnagerartene. Rask økning betyr at lemen også har mulighet til å ha kortere tid mellom bestandstoppene enn mange andre arter. Siden alle gnagere har toppår samtidig i et samfunn (sannsynligvis pga. synkronisering gjennom predasjon), er vår hypotese at lemedominerte samfunn har hyppigere toppe (∼3 års mellomrom) enn musedominerte samfunn (∼5 års mellomrom).

Landskapsstruktur bestemmer hvilken gnagerart som dominerer i fjellet:

Forskjellige gnagere spiser forskjellige planter. Den mellomalpine vegetasjonssonen er typisk dominert av beiteplantene som lemen foretrekker (mose og gress), mens den lavalpine sonen er dominert av beiteplantene som gråsidedemus foretrekker (lyngplanter, særlig blåbærlyng). Vi venter derfor at lemen (som gir hyppige toppår) er vanligst i regioner med mye mellomalpint habitat i motsetning til regioner med mye lavalpint habitat, hvor vi forventer at gråsidedemus dominerer (som gir sjeldnere toppår).



Vinterklima bestemmer om landskapet slår til: I områder med ustabil og mildt vinterklima er det ofte regn om vinteren. Regnet fryser da til is på bakken og blokkerer tilgangen til mat for smågnagerne. Men siden mose og gressrøtter (lemmediett) vokser nærmere bakken enn blåbærlyng (musediett), er lemen mye mer utsatt for å få maten sin innfrosset. Vår hypotese er at områder med hyppige mildværsperioder vinterstid har lavere tetthet av lemen, og at lemen ikke vil klare å nå like høye tettheter og hyppige toppe der, sammenliknet med områder med kalde og stabile vinterforhold.

Lemen, en vinterspesialist som liker seg best i snøleiene

Vi fant høyest tetthet av lemen i snøleiene, der snøen ligger lengst om våren, i østvendte og nordvendte lier med moderat primærproduksjon. Her finner den flest av sine prefererte beiteplanter, og her kan den få fram unger under snøen. Snøen gir dem god isolasjon mot det ekstreme vinterklimaet og beskyttelse mot rovdyr og rovfugl som jakter på dem. Tilgang til snøleier kan være avgjørende for om lemen klarer å bygge opp store bestander, som gir de karakteristiske toppårene der

fjellet yrer av lemen. Hvis vi får varmere klima, kan tilgangen på snøleier bli helt endret.

Allerede nå har forekomsten av snøleier gått drastisk tilbake noen steder. Snøleienes plassering i landskapet gjør at frø samler seg der. Derfor er snøleiene spesielt sterkt utsatt for gjengroing hvis klimaet blir varmere. Selv om klimaendring på kortsikt kan gi økt nedbørmengde i form av snø, og for en periode kortere vekstsesong, er prognosene på lang sikt mindre snø og lengre vekstsesong i høyfjellet. Gjengroing av snøleiene kan true lemenenes utbredelse og fjellets puls.

Mer busker og trær i høyfjellet kan gi lavere, men mer stabile smågnagerbestander

Utformingen av vegetasjonen kan i seg selv være med på å gi fjelløkosystemet denne karakteristiske pulsen med smågnagertopper med jevne mellomrom. Både varmere klima og redusert beitetrykk kan øke utbredelsen av dvergbusker og busker i høyfjellet. Flerårige studier av smågnageraktivitet i ulike høydelag (2007-2010), videreført i dette prosjektet (2011-2015), viser at busk og kratt virker som 'hot-spots' i landskapet. Foreløpige resultater viser at forekomsten av smågnagere er gjennomgående høyere og mer stabil mellom år i buskhabitat enn i de åpne habitatene. Denne forskjellen er høyst sannsynlig knyttet til ulikheter i artsstruktur og høyere forekomst av boreale smågnagerarter i buskhabitatene. Disse artene har mindre utpregede bestandssvingninger og lavere tetthet i toppårene, enn det vi observerer hos lemen. Endret vegetasjonsutforming kan få effekter oppover i næringskjeden. En generell stabilisering av næringsgrunnlaget, uten utpregede bunnår, kan dra boreale predatorer opp i høyfjellet. Dette kan svekke konkurransegrunnlaget til alpine arter, som nett-opp er tilpasset den karakteristiske ustabiliteten det marginale høyfjellsøkosystemet tilbyr.

Spesialistpredatorer klarer seg ikke uten smågnagere

Smågnagerspesialister er arter som lever av smågnagere og får fram unger bare i år med mye smågnagere. De fleste rovfugler og rovpattedyr får flere kull og større kull når det er mye smågnagere, mens de utpregede smågnagerspesialistene som



snøugle, fjelljo, fjellvåk og fjellrev, avstår fra yngling når tettheten av smågnagere blir for lav. Studier viser at fjellrevens reproduksjon sammenfaller helt med smågnagerårene. Selv om til-taket med støttefoting knyttet til å bevare fjellreven påvirker både kullstørrelse og overlevelse hos voksne og valper, så får fjellreven fortsatt ikke fram valper i bunnår for smågnagerne. Dette bekrefter artens avhengighet av smågnagerne.

Grunnlaget for lokale fjellrevbestander vil reduseres betraktelig der smågnagerdynamikken flater ut eller kollapser, fordi vår-tetthetene av mus og lemen ikke er tilstrekkelig for reproduksjon i fjellrevbestanden.

5 En kald skulder fra frosne bunndyr?

Knut Andreas E. Bækkeli, Aina M. Aspaas, Annika Hofgaard, Nina E. Eide & Zlatko Petrin

Et stabilt snødekke gjør at smågagere, planter og andre små og store organismer i vann og på land overlever kalde vintre. Men når snødekket ikke lenger er like stabilt, hva skjer da med livet og viktige økologiske prosesser i rennende vann?

Endrede temperatur- og nedbørmønstre forandrer snøforholdene. Tidspunktet for når snøen legger seg og tiner, snøens struktur og isolasjonsevne og virkningen for livet under snøen er i endring. Dette forandrer nedbrytningen av organisk materiale og endrer artssammensetning i dyresamfunn som lever under snøen. Klimaendringene bidrar således til forandringer i vegetasjonsdekket.

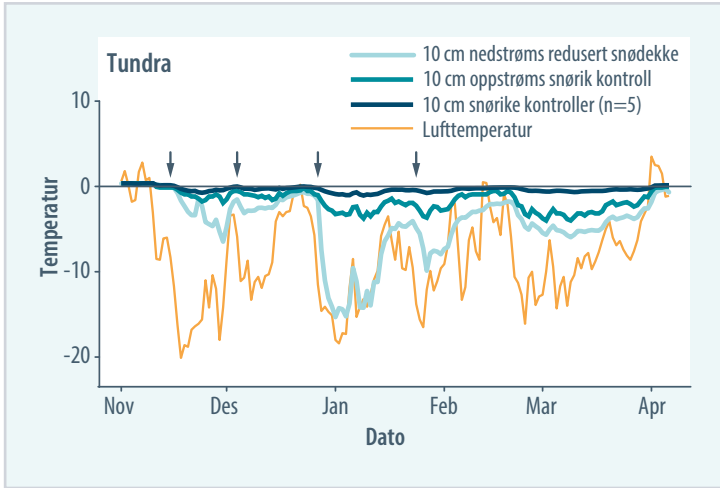
I dette studiet fjernet vi snøen fra avgrensede områder i og rundt bekker som rant gjennom vegetasjonen i overgangssoenen mellom skog og tundra i forkant av kalde perioder gjennom vinteren. Vi ville undersøke hvordan lite snø i kaldt vær påvirket bunnlevende insekter og andre smådyr i bekkene. Mange av bunndyrene er spesialister i å bryte ned alger og blader fra omkringliggende vegetasjon. Mange bunndyr er viktige for nedbrytningen av organisk materiale, og nedbrytning er mye brukt som indikator på økosystemenes tilstand.

Ved en lufttemperatur ned mot $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ gikk temperaturen 10 cm ned i jorda ned til ca $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ i bekker der snøen ble fjernet. Temperaturen i kontroll-bekkene med snø holdt seg i underkant av 0 grader (**Figur 5.1**). Manglende snødekke reduserte mangfoldet og tilstedeværelsen av bunndyr (**Figur 5.2**), og endret artssammensetningen til fordel for opportunistiske

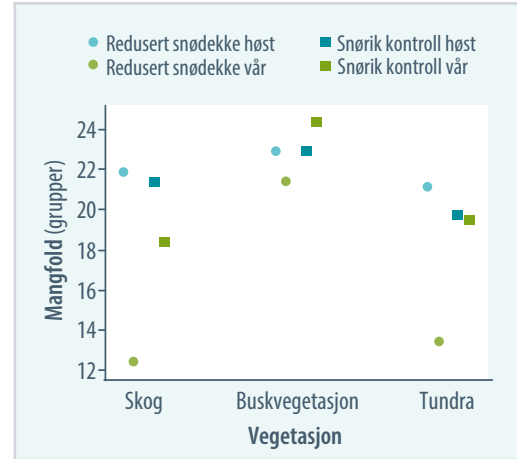
arter i forhold til mer næringsmessig spesialiserte arter. I de snødekkede bekkene økte mangfoldet og tilstedeværelsen av bunndyr med økende overskyggende vegetasjon.

Virkningen av et redusert snødekke var sterkere i bekker på tundraen enn i skog. Manglende snødekke hadde minst betydning for bekkene som rant gjennom områder med buskvegetasjon. Dette kan skyldes at buskvegetasjonen akkumulerer snø bedre enn skog- og tundravegetasjonen (**figur 5.3**). Forandringer i nedbrytning av løv og annet organisk materiale, som følge av manglende snødekke, var motsatt i skog og i tundra. I skogen ga redusert snødekke økt nedbrytning i bekkene, mens nedbrytningen gikk tregere i de "snøfrie" bekkene på tundraen (**figur 5.4**).

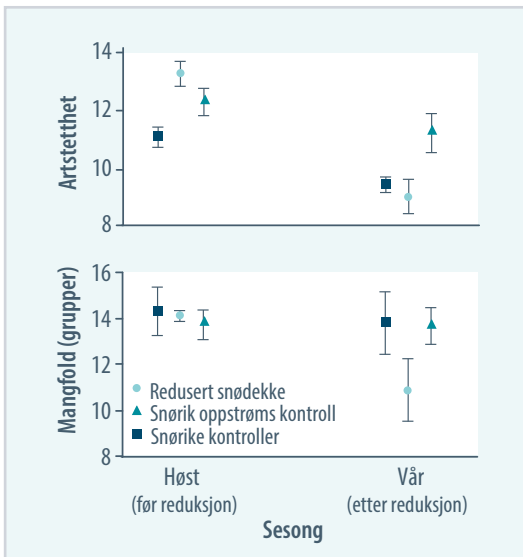
Vi ser motstridende økologiske effekter av endringer i klimaet og vegetasjonsdekket, og det er fortsatt uklart om nettoeffekten av et redusert snødekke på biomangfold og nedbrytning vil være positiv eller negativ.



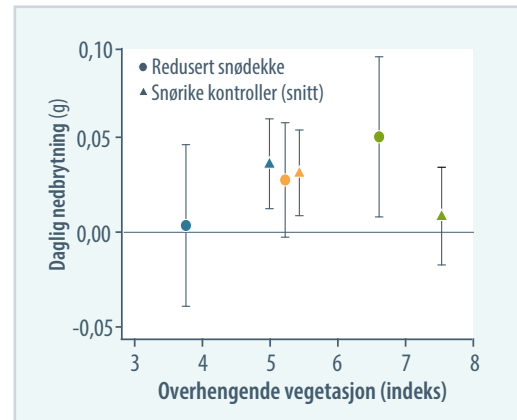
Figur 5.1. Effekten av redusert snødekke på jordtemperaturen ved en bekk på tundraen. Lyseblå linje viser data fra temperaturmåler 10 cm ned i bakken i en snøfri bekk. Mørkeblå og svart linje viser målinger fra snørike kontrollbekker, mens oransje linje viser lufttemperaturen i samme periode. Fire piler viser når på vinteren snøen ble fjernet fra den snøfrie bekken.



Figur 5.3. Kombinert effekt på bunndyrmangfoldet i bekker med redusert snødekke og snørike bekker ved tregrensen. Høst og vår er innsamlinger henholdsvis før og etter snødybdereduksjonen.



Figur 5.2. Effektene av redusert snødekke på tettheten av bunndyrarter og mangfoldet. Punktene representerer ± 1 standardfeil.



Figur 5.4. Spesialiserte bunndyrs daglige nedbrytning av løv i snøfrie bekker (sirkler, 3 bekker) og kontrollbekker med snø (trekanter, 14 bekker) (gjennomsnitt \pm standardfeil) med økende grad av overskyggende vegetasjon. Blå, oransje og grønn viser henholdsvis bekker i tundra, buskvegetasjon og skog.

6 Klimaeffekter på tvers av økosystemer

Anders G. Finstad, Ingeborg P. Helland, Ola Ugedal, Antti Eloranta, Trygve Hesthagen & Odd Terje Sandlund

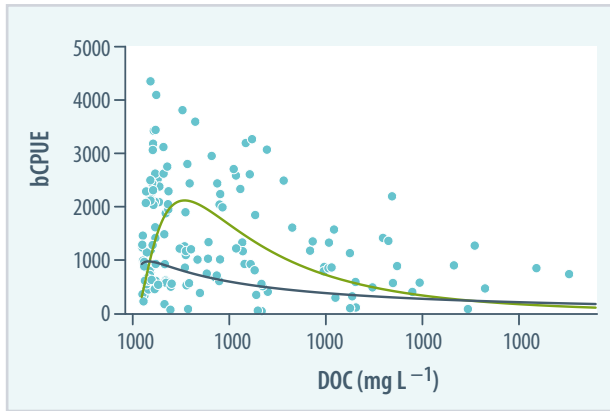
De mest åpenbare klimaeffektene i ferskvann er økende temperatur og kortere tid med isdekke. På sikt kan imidlertid klimaeffektene på land ha vel så store effekter for økosystemene i ferskvann.

Klimaet styrer den biologiske produksjonen i innsjøer. Økt nedbør og temperatur gir i første omgang mer vegetasjon, og økt avrenning av organisk karbon. Men økt innhold av organisk karbon i vannet gir brunere vann og derved mindre lys gjennom vannet, og primærproduksjonen og artsmangfoldet vil over tid avta. Dette kan framstå som et paradoks ved klimaendringene.

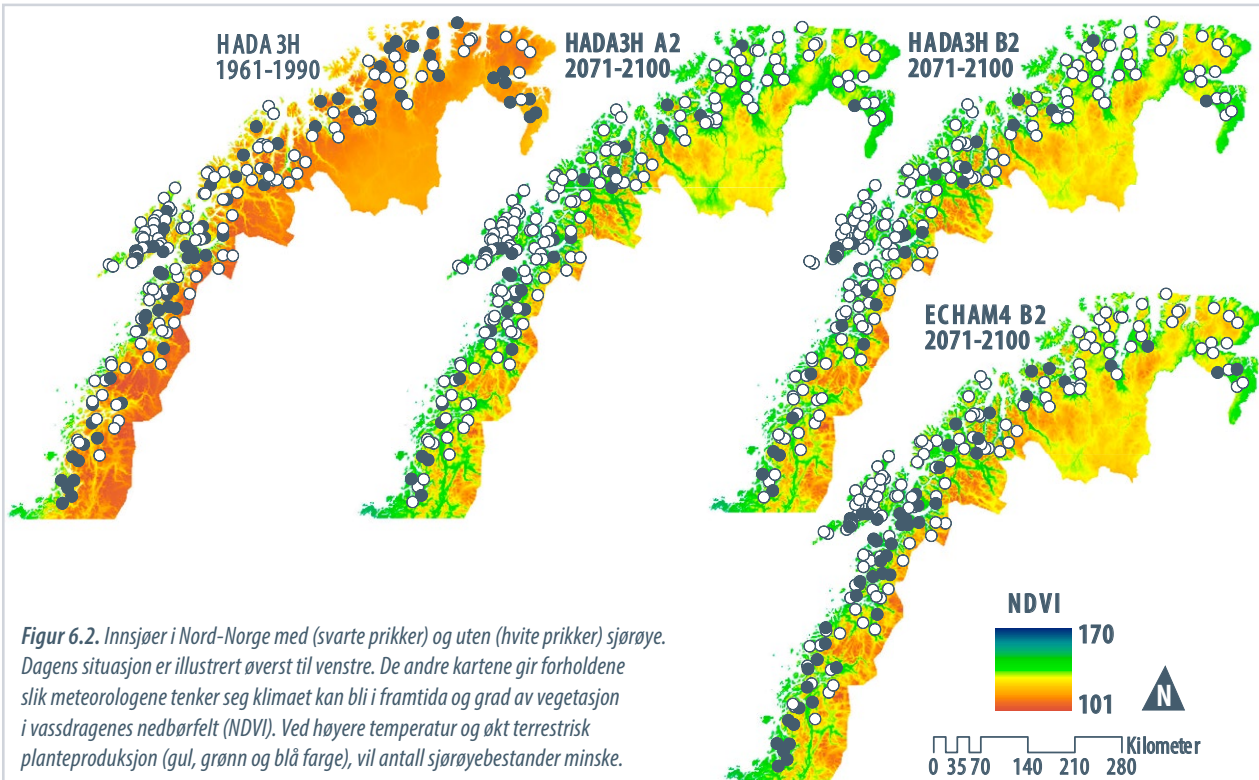
Vi studerte sammenhengen mellom organisk karbon og biologisk produktivitet i norske ørretsjøer. Vi koblet resultater fra prøvefiske over hele landet med informasjon om innsjøvannets karboninnhold. Dette viste at organisk karbon har positiv effekt på fiskeproduksjonen ved lave konsentrasjoner, og negativ effekt ved høye konsentrasjoner i vannet (**Figur 6.1**). Når skiftet fra positiv til negativ effekt skjer, avhenger av innsjødybden. Grunne innsjøer tåler høyere karbontilførsel før produksjonen begrenses, enn dype innsjøer fordi det meste produseres på grunna. Produksjonsøkning på grunn av økt karbontilførsel kan skyldes mer næring, men også redusert skadelig UV-stråling i vannet.

I innsjøer med flere fiskearter tilstede, endres virkningen av organisk karbon på ørretproduksjonen. Den negative virkningen av økt karboninnhold blir sterkere jo flere fiskearter som er tilstede fordi andre fiskearter begrenser ørretens bruk av strandsonen, som er ørretens viktigste leveområde.

Endringer i produksjon i ferskvann påvirker også sjøvandrende laksefisk. I kystvassdrag består bestandene av ørret og røye ofte av både vandrende og stasjonære individer. De vandrende kalles sjørøret og sjørøye. Ved god ferskvannsproduksjon er fordelene ved å vandre til havet mindre enn om ferskvannsproduksjonen er dårlig. Med sjørøye som eksempel undersøkte vi hvordan forekomsten kan endre seg med klima og vegetasjon i nedbørsfeltet. I nord-norske innsjøer er det hovedsakelig temperatur, vegetasjon i nedbørsfeltet, fiskens vandringsdistanse fra havet og hvor bratt elva er som bestemmer om det finnes sjørøye i innsjøene eller ikke. Økt temperatur og økt vegetasjon gir økt sannsynlighet for forekomst, mens økt distanse og brattere elv gir mindre sannsynlighet for forekomst av sjørøye. Hva betyr dette ved klimaendring i framtida? I et varmere klima vil antall sjørøyebestander sannsynligvis bli redusert (**Figur 6.2**). Sørgrensen for sjørøye i Norge går ved Bindal, ca. 64°N. I et varmere klima vil denne grensen antakelig flytte seg nordover. Klimavirkningen i ferskvann er imidlertid ikke den eneste faktoren som påvirker forekomsten av fisk. Fangst av fisk, næringsforholdene i havet og forekomsten av konkurrerende og predaterende arter vil også virke inn. I den grad disse forholdene endrer seg, vil også det påvirke forekomsten av sjørøye og vanskeligjøre forutsigelser om framtidig utbredelse av sjørøye.



Figur 6.1. Produksjon av ørret i innsjøer (fangst i gram per innsatsenhet) i forhold til mengde løst organisk karbon i vannet. Grunne innsjøer (gjennomsnittsdyp 7 m) er illustrert med grønn linje og dype innsjøer (gjennomsnittsdyp 14 m) med svart linje. I starten er virkningen av økt karboninnhold positiv, mest på grunn av økt næringstilførsel, men snart blir virkningen negativ på grunn av brunere vann og lavere primærproduksjon. Når effekten snur fra positiv til negativ avhenger av innsjøens dybde og strandsonens utstrekning.



Figur 6.2. Innsjøer i Nord-Norge med (svarte prikker) og uten (hvite prikker) sjørøye. Dagens situasjon er illustrert øverst til venstre. De andre kartene gir forholdene slik meteorologene tenker seg klimaet kan bli i framtida og grad av vegetasjon i vassdragenes nedbørfelt (NDVI). Ved høyere temperatur og økt terrestrisk planteproduksjon (gul, grønn og blå farge), vil antall sjørøyebestander minske.

7 Klimaskeptikere i Norge

Olve Krange, Bjørn Kaltenborn & Torvald Tangeland

Det internasjonale klima-panelet (IPCC) er ikke i tvil: Klimaendringene er i hovedsak menneskeskapte. I 2012 var rundt 40 % av nordmennene uenige i dette. Hva kjennetegner skeptikerne?

Global oppvarming eller klimaendringer er blant miljøspørsmålene som får størst politisk oppmerksomhet. Blant klimaforskerne er enigheten stor, men slik er det ikke blant folk. I hvilken grad henger folks holdninger til klimaspørsmål sammen med sosial bakgrunn, kulturelle forhold, klasserelasjoner og generell maktfordeling i samfunnet?

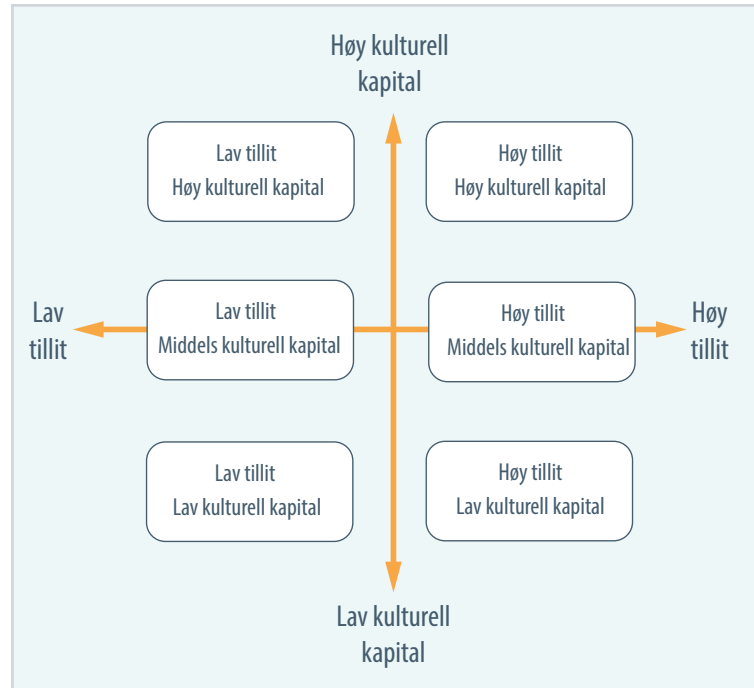
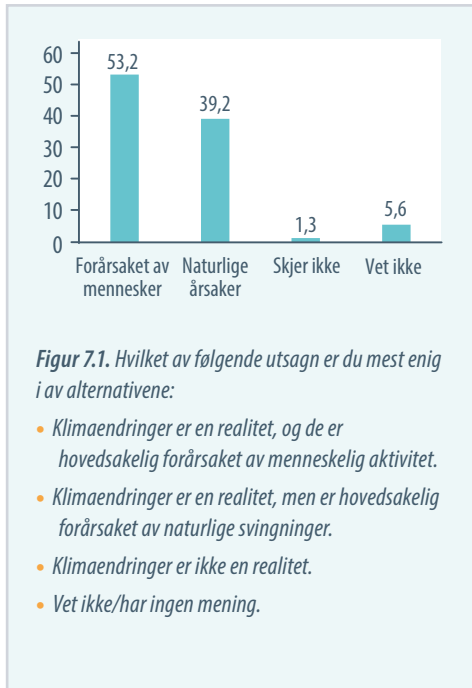
For å kunne svare sendte vi ut et spørreskjema og fikk svar fra 4000 nordmenn. Vi spurte om folks meninger om klimaspørsmålet, blant annet om de trodde på menneskeskapte klimaendringer. Vi ba informantene vurdere ulike sider ved klimapolitikken, og spurte om tilliten deres til klimaforskning, ulike forvaltningsorganer og politiske aktører på feltet. Prosjektet samarbeidet med TNS-Gallup om datainnsamlingen der vi fikk tilgang til et bredt spekter av bakgrunnsvariabler.

De fleste nordmenn mener det er klimaendring, men mange tviler på at den er menneskeskapt (**Figur 7.1**). Det sosiale utgangspunktet for skepsisen følger et mønster vi kjenner fra flere politikkområder: Menn er oftere skeptiske enn kvinner, eldre oftere enn yngre. Folk med høy utdanning tror på menneskeskapte klimaendringer i større utstrekning enn de med lavere utdanning. Mors og fars utdanningsnivå påvirker folks oppfatning, det samme gjør tilliten man har til politikk,

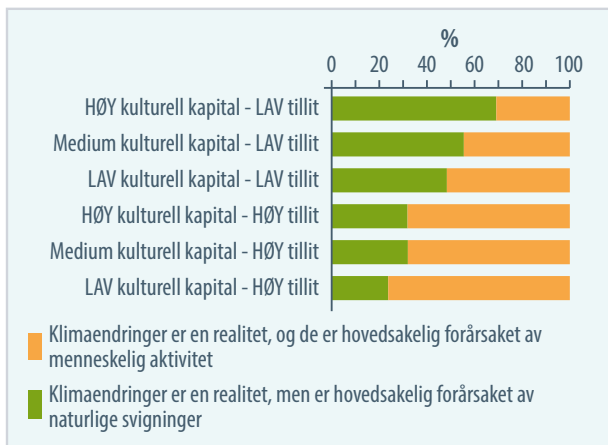
forvaltning og forskning. Lav tillit til organisasjonene som arbeider med miljø- og klimaspørsmål er forbundet med økt sannsynlighet for å være klimaskeptiker. Det kan se ut som om klimaskepsis er et anti-elitefenomen.

Er det så enkelt? Norge er et oljeland og mange «elitemenesker» i offentlig og privat sektor, er avhengige av oljen for å opprettholde sin levestandard. For å gå dette etter i sømmene konstruerte vi, basert på en såkalt klyngeanalyse, seks like store grupper (**Figur 7.2**). Dimensjonene bak var tillit (til Klima- og miljødepartement, Miljødirektorat og Storting) og kulturell kapital (foreldres utdanning og utvalgte kulturelle goder). Vi så da at det var samspill mellom kulturelle ressurser og tillit (**Figur 7.3**). Gruppene med høy kulturell kapital har både høyest og lavest sannsynlighet for å være klimaskeptikere. Det som skiller dem er om de har tillit til politikk og forvaltning på miljøfeltet. I gruppene med lav kulturell kapital betyr tillit mindre.

Sjablongmessig uttrykt gir tallene grunnlag for å si at kampen om klimasannheten står i middelklassen. Motsetningen ligner et motsetningsforhold som løper gjennom store deler av etterkrigshistorien. Etter siste krig ekspanderte en velutdannet middelklasse som fant sin maktbase i de delene av samfunnet som var knyttet til det offentliges mange institusjoner, for



Figur 7.2. De seks like store svargruppene.



eksempel helsevesen, utdanningsinstitusjoner og naturforvaltning. På den andre siden finnes det et stort middelklassesegment som finner grunnlaget for sin makt og rikdom i industri og omsetning av varer. I Norge har oljeproduksjonen vært særlig viktig. Således kan kampene om klimasannhetene tolkes inn i bredere motsetningsmønstre, som maktkamp mellom ulike middelklassegrupperinger.

8 Publikasjoner fra programmet

- Albertsen, E. 2012. Tree recruitment in the alpine zone – limitation and facilitation processes in contrasting climatic regions. - MSc thesis, NTNU, Trondheim.
- Aspaas, A.M. 2014. Snow Depth Alteration and Vegetation Cover Effects on Invertebrate Communities in Headwater Streams. - MSc thesis, NTNU.
- Bellier, E., Grøtan, V., Engen, S., Schartau, A.K., Diserud, O.H. & Finstad, A.G. 2012. Combining counts and incidence data: an efficient approach for estimating the log-normal species abundance distribution and diversity indices. - *Oecologia* 170: 477-488.
- Bernes C., Bråthen K.A. Forbes B.C., Hofgaard A., Moen J. & Speed J.D.M. 2013. What are the impacts of reindeer/caribou (*Rangifer tarandus* L.) on arctic and alpine vegetation? A systematic review protocol. - *Environmental Evidence* 2:6.
- Bevanger K., Hofgaard A., Finstad A.G., Eide N., Ødegård F. & Bjerke, J.W. 2013. Naturen og klima. - *Kronikk i Adresseavisen* 2.11.2013.
- Bokhorst S., Huiskes, A., Aerts R., Convey, P., Cooper, E., Dalen, L., Erschbamer, B., Gudmundsson J., Hofgaard A., Hollister, R.D., Johnstone, J.F., Jónsdóttir I., Lebouvier M., Vijver B., Wahren C.H. & Dorrepaal E. 2013. Variable temperature effects of Open Top Chambers at polar and alpine sites explained by irradiance and snow depth. - *Global Change Biology* 19: 64-74.
- de Wit, H.A., Bryn, A., Hofgaard, A., Karstensen, J., Kvalevåg, M., Peters, G. 2014. Climate warming feedback from mountain birch forest expansion: reduced albedo dominates carbon uptake. - *Global Change Biology* 20: 2344-2355.
- Eikland, K.A. 2014. Snow depth and vegetation cover effects on ecological functioning in headwater streams. MSc thesis, NTNU, Trondheim.
- Elmendorf, S.C., Henry, G.H.R., Hollister, R.D., Björk, R.G., Bjorkman, A.J., Callaghan, T.V., Collier, L.S., Cooper, E.J., Cornelissen, J.H.C., Day, T.A., Fosaa, A.M., Gould, W.A., Grétarsdóttir, J., Harte, J., Hermanutz, L., Hik, D.A., Hofgaard, A., Jarrad, F., Jónsdóttir, I.S., Keuper, F., Klanderud, K., Klein, J.A., Koh, S., Kudo, G., Lang, S., Loewen, L., May, J.L., Mercado, J., Michelsen, A., Molau, U., Myers-Smith, I., Oberbauer, S.F., Pieper, S., Post, E., Rixen, C., Robinson, C.H., Schmidt, N.M., Shaver, G.R., Stenström, A., Tolvanen, A., Totland, Ø., Troxler, T., Wahren, C.H., Webber, P.J., Welker, J.M. & Wookey, P. 2012. Global assessment of experimental climate warming on tundra vegetation: heterogeneity over space and time. - *Ecology Letters* 15: 164-175.
- Elmendorf, S.C., Henry, G.H.R., Hollister, R.D., Björk, R.G., Boulanger-Lapointe, N., Cooper, E.J., Cornelissen, J.H.C., Day, T.A., Dorrepaal, E., Elumeeva, T.G., Gill, M., Gould, W.A., Harte, J., Hik, D.A., Hofgaard, A., Johnson, D.R., Johnstone, J., Jónsdóttir, I.S., Jorgenson, J., Klanderud, K., Klein, J.A., Koh, S., Kudo, G., Lara, M., Lévesque, E., Magnússon, B., May, J.L., Mercado-Días, J.A., Michelsen, A., Molau, U., Myers-Smith, I., Oberbauer, S.F., Onipchenko, V.G., Rixen, C., Schmidt, N.M., Shaver, G.R., Spasojevic, M.J., Þórhallsdóttir, Þ.E., Tolvanen, A., Troxler, T., Tweedie, C.E., Villareal, S., Wahren, C.-H., Walker, X., Webber, P.J., Welker, J.M., & Wipf, S. 2012. Plot-scale evidence of tundra vegetation change and links to recent summer warming. - *Nature Climate Change* 2: 453-457.
- Elmendorf S.C., Henry, G.H.R., Hollister, R.D., Fosaa, A.M., Gould, W., Hermanutz, L., Hofgaard, A., Jonsdottir, I.S., Jorgenson, J., Levesque, E., Magnusson, B., Molau, U., Myers-Smith, I., Oberbauer, S.F., Rixen, C., Tweedie, C. & Walker, M. 2014. Experiment, monitoring, and gradient methods used to infer climate change effects on plant communities yield consistent patterns. - *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America* 112: 448-452.
- Evju M., Hagen D. and Hofgaard A. 2012. Effects of disturbance on plant regrowth along snow pack gradients in alpine habitats. - *Plant Ecology* 213: 1345-1355.
- Finstad, A.G. & Jonsson, B. 2012. Effect of incubation temperature on growth performance in Atlantic salmon. - *Marine Ecology Progress Series* 454: 75-82.
- Finstad, A.G., Forseth, T., Jonsson, B., Bellier, E., Hesthagen, T., Jensen, A.J., Hessen, D.O., Foldvik, A. 2011. Competitive exclusion along climate gradients: energy efficiency influences the distribution of two salmonid fishes. - *Global Change Biology* 17: 1703-1711.

- Finstad, A.G., Helland, I.P., Ugedal, O., Hesthagen, T. & Hessen, D.O. 2014. Unimodal response of fish yield to dissolved organic carbon. - *Ecology Letters* 17: 36-43.
- Hedger, R., Sundt-Hansen, L.E., Forseth, T., Diserud, O.H., Ugedal, O., Kvambekk, Å. & Finstad, A.G. 2013. Predicting climate change effects on subarctic/Arctic populations of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). - *Canadian Journal of Aquatic Sciences* 70:159-168.
- Helland, I.P., Finstad, A.G., Forseth, T., Hesthagen, T. & Ugedal, O. 2011. Ice-cover effects on competitive interactions between two fish species. - *Journal of Animal Ecology* 80: 539-547.
- Hofgaard A., Harper K.A. and Golubeva E. 2012. The role of the circumarctic forest-tundra ecotone for arctic biodiversity. - *Biodiversity* 13: 174-181.
- Hofgaard, A., Tømmervik, H., Rees, G. & Hanssen F. 2013. Latitudinal forest advance in northernmost Norway since the early 20th century. - *Journal of Biogeography* 40: 938-949.
- Jonsson, B. 2013. Hvilke utslag gjør isdekke. - *Alt om fiske* 2013 (6): 62.
- Jonsson, B. 2014. Blir laksen større eller mindre i et varmere klima? - *Alt om fiske* (2013, 1): 72.
- Jonsson, B. 2014 Lykkelig laksebarndom? - *Alt om fiske* (2014, 4): 88-89.
- Jonsson, B., Finstad, A.G. & Jonsson, N. 2012. Winter temperature and food quality affect age and size at maturity in ectotherms: an experimental test with Atlantic salmon. - *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 1817-1826.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Finstad, A.G. 2013. Effects of temperature and food quality on age at maturity of ectotherms: an experimental test of Atlantic salmon. - *Journal of Animal Ecology* 82: 201-210.
- Jonsson, B., Jonsson, N. & Finstad, A.G. 2014. Linking embryonic temperature with adult reproductive investment. - *Marine Biology Progress Series* 515: 217-226.
- Jonsson, N. & Jonsson, B. 2014. Vanntemperaturen under fosterutviklingen hos laks har betydning for utviklingen senere i livet. - *Naturen* 138: 191-195.
- Kermagoret, A. 2015. Understanding the characteristics of forest encroachment into tundra ecosystems along environmental gradients in central Norway. - MSc thesis, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- Krange, O. and Kaltenborn, B. P. 2015. Cool dudes in Norway: Climate change denial among conservative Norwegian men, - PLOS ONE (Submitted)
- Kållås, I.H. 2015. Temporal and spatial variation in correspondence between climate proxies and recorded climate data. - MSc thesis, NTNU, Trondheim.
- Le Vaillant, M., Elmhagen, B., Erlandsson, R., Hörnfeldt, B., Eide, N.E., Angerbjörn, A. 2015. Spatial distribution in Norwegian lemming in relation to the phase of the cycle. - *Oikos* (submitted).
- Mathisen I.E., Mikheeva A., Tutubalina O.V., Aune S. & Hofgaard A. 2014. Fifty years of tree line change in Khibiny Mountains, Russia: advantages of combined remote sensing and dendro-ecological approaches. - *Applied Vegetation Science* 17: 6-16.
- Meijer, T., Elmhagen, B., Eide, N.E., & Angerbjörn, A. 2013. Life history traits in a cyclic ecosystem: a field experiment on the arctic fox. - *Oecologia*, 173, 439-447.
- Nystuen, K.O. Evju, M., Rusch, G., Graae, B.J. & Eide, N.E. 2014. Rodent population dynamics affect seedling recruitment in alpine habitats. - *Journal of Vegetation Science* 25: 1004-1014.
- Orlova, M., Lukina, N., Smirnov, V., Tutubalina, O., Isaeva, L. & Hofgaard A. 2013. Plant-induced soil nutrient variability in forest-tundra ecotones in the Kola Peninsula, Russia. - *Biogeochemistry* 113: 283-305.
- Soininen, E.M., Angerbjörn, A., Ecke, F., Eide, N., Framstad, E., Henttonen, H., Hörnfeldt, B., Ims, R.A., Jepsen J.U., Killengreen, S.T., Oksanen, L., Olofsson, J., Yoccoz, N.G. «Unraveling determinants of keystone herbivore population dynamics by a macro-ecological approach” (in prep).
- Watz, J., Bergman, E., Calles, O., Enefalk, Å, Gustafsson, S., Hagelin, A., Nilsson, P.A., Norrgård, J.R., Nyqvist, D., Österling, M., Piccolo, J., Schneider, L., Greenberg, L., & Jonsson, B. 2015. Ice cover alters the behaviour and stress level of brown trout *Salmo trutta*. - *Behavioral Ecology* 26: 820-827.

NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

ISSN 0804-421X
ISBN 978-82-426-2849-7

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Sluppen, NO-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger