

Klimaendringer og lokal sårbarhet

Andre publikasjoner fra NIBR:

NIBR-rapport 2005:2

Å sette pris på friluftsliv
- bare for eksperter?
80 sider. Kr 250,-

NIBR-rapport 2004:24

Rikspolitiske retningslinjer
for jordvernet?
82 sider. Kr 250,-

NIBR-rapport 2003:6

Jordbruk, arealplanlegging
og landbruksplaner
151 sider. Kr 250,-

Rapportene kan bestilles fra
NIBR:
Postboks 44, Blindern,
0313 Oslo
Tlf. 22 95 88 00
Faks 22 60 77 74
E-post til
berit.willumsen@nibr.no
Se også vår hjemmeside
www.nibr.no

Porto kommer i tillegg til de
oppgitte prisene

Terje Kleven

Klimaendringer og lokal sårbarhet

Noen faglige overveielser for
et forskningsopplegg

NIBR-rapport 2005:15

Tittel: **Klimaendringer og lokal sårbarhet**
Noen faglige overveielser for et
forskningsopplegg

Forfatter: Terje Kleven

NIBR-rapport: 2005:15
ISSN: 1502-9794
ISBN: 82-7071-583-2

Prosjektnummer: O-2154
Prosjektnavn: Regionale og lokale effekter av og
tilpasninger til klimaendringer

Oppdragsgiver: Norges forskningsråd
(Strategisk instituttprogram)

Prosjektleder: Terje Kleven

Referat: Rapporten oppsummerer status i arbeidet med å
utvikle kunnskapsbaserte, praktiske metoder for
gjennomføring av studier av klimasårbarhet i Norge.
Det strategiske instituttprogrammets formål er å
styrke NIBRs kompetanse på analyse av
samfunnmessige konsekvenser av og sårbarhet
overfor klimaendringer. Programmet legger særlig
vekt på å studere hvordan et klimamessig og sosio-
økonomisk sammensatt land som Norge skal
tilpasse seg de konsekvenser som klimaendringene
vil kunne medføre for særlig utsatte områder og
næringer.

Sammendrag: Norsk og engelsk

Dato: Desember 2005

Antall sider: 109
Pris: Kr 250,-

Utgiver: Norsk institutt for by- og regionforskning
Sinsensvn. 47 B, Postboks 44 Blindern
0313 OSLO
Telefon: 22 95 88 00
Telefaks: 22 22 37 02
E-post: nibr@nibr.no

Vår hjemmeside: <http://www.nibr.no>

Trykk: Nordberg A.S.
Org. nr. NO 970205284 MVA
© NIBR 2005

Forord I

NIBR ble i 2003 fra Norges forskningsråd tildelt et femårig strategisk instituttprogram med tittelen ”Regionale og lokale samfunnsmessige effekter av og tilpasning til klimaendringer”. Et sentralt mål i instituttprogrammet er å utvikle et faglig grunnlag for å undersøke regionale variasjoner i de globale klimaendringenes mulige konsekvenser for Norge. Etter hvert har et sentralt element i instituttprogrammet blitt å utvikle metoder for å studere regional sårbarhet for framtidige endringer i klimaet.

Rapporten oppsummerer NIBRs tilnærming til studier av klimasårbarhet, men reflekterer samtidig vår ”utprøvende” og forsiktige, skrittvis tilegnelse av ”the-state-of-the-art” og et gradvis skjerpet fokus på faglige tilnærminger som knytter an til NIBRs grunnleggende regionalforskningskompetanse.

Terje Kleven er prosjektleder for instituttprogrammet og har skrevet rapporten. Forskerne Bjørn Moen og Kjell Harvold har gitt nyttige kommentarer til tidlige notater og utkast.

NIBR, desember 2005

Arvid Strand
Forskningsjef

Forord II

Denne rapporten har kommet til over lang tid og oppsummerer på mange måter en læringsprosess. Da NIBR ble tildelt det strategiske instituttprogrammet innebar dette at det ble etablert et nytt fagfelt ved instituttet. Å studere samfunnsmessige effekter av et naturfenomen som klima og klimaendring knytter samfunnsvitenskap og naturvitenskap tett sammen og krever nært samarbeid mellom fagfolk i to leire som ikke primært er kjent for sin faglige åpenhet overfor hverandre. Å vurdere effekter av klimaendring krever modellbygging hvor prosesser i naturen knyttes direkte og indirekte til samfunnsmessige prosesser: Klimaforhold har betydning både for næringsliv, sysselsetting, samfunnsmessig infrastruktur og levekår.

Som sagt, rapporten er skrevet over ganske lang tid og kan vel heller ikke sies på noen måte å være ”ferdig”. Det er først og fremst en oppsummering av hva vi i løpet av den første delen av programperioden har kommet fram til bør være NIBRs faglige tilnærming til studiet av samfunnsmessige effekter av klimaendringer. Rapporten er et bilde av vår egen læreprosess. Det første utgangspunktet – noe som i ettertid viser seg som en lett synlig og ganske overmodig ambisjon – var å utvikle en generell effektmodell, et redskap for å kunne *beregne* hva klimaendringer kunne føre til av samfunnsmessige konsekvenser. Etter hvert som kompleksiteten i et slikt forehavende ble klart, har perspektivet dreid mot studier av samfunnsmessig *sårbarhet* for klimaendringer og samfunnets *tilpasning* til virkningene av de globale klimaendringene i Norge.

Det innebærer at vi tar utgangspunkt i det internasjonale klimapanelets konklusjoner om at global oppvarming finner sted, at den vil fortsette og at den vil påvirke klimaforholdene i Norge. Denne grunnleggende antagelsen er i tråd med hva forskere innenfor det norske *RegClim*-programmet bygger på når de gir utsikter for utviklingen av klimaet i Norge på lang sikt. Vi ser ingen grunn til – og har heller ikke faglige forutsetninger for – å trekke deres konklusjoner i tvil.

NIBR, desember 2005

Terje Kleven

Innhold

Forord I.....	1
Forord II.....	2
Figuroversikt.....	5
Sammendrag	7
Summary.....	17
1 Klimaet endrer seg – globalt og i Norge	24
1.1 Den globale klimautviklingen	24
1.1.1 Noen av klimapanelets konklusjoner i korte trekk.....	25
1.1.2 Globale klimamodeller og klimascenarier	26
1.1.3 Forventede effekter av global oppvarming	32
1.2 Klimaendringer i Norge	35
1.2.1 Lokale klimascenarier - nedskalering av globale klimamodeller	35
2 Klimaendringer, klimaeffekter og konsekvenser	39
2.1 Hvorfor studere effekter av klimaendring?	39
2.2 Effekter av klimaendringer – drivkrefter og årsakskjeder.....	40
2.2.1 Klimapolitikk: utslippsreduksjon og tilpasning	42
2.3 To tradisjoner: Effektstudier og tilpasningsstudier	43
2.3.1 Et polycyskift fra utslippsreduksjon til tilpasning	45
3 Analyser av klimaeffekter	47
3.1 Årsak-virkningskjeder – en grunnleggende modell	47
3.2 Effekter av klimaendringer	53
3.2.1 En ”grunnmodell”	53
3.2.2 Noen eksempler på klimaeffekter	55
3.3 Indikatorer.....	58
3.3.1 Klimaendringer og bærekraft	61
3.4 Noen faglige og metodiske utfordringer knyttet til effektstudier	62
4 Tilpasningsstudier – formål og tilnærming	65
4.1 Fra utslippspolitik til strategier for tilpasning	65
4.1.1 Hvorfor tilpasningsstudier?	67

4.2	Definisjoner av tilpasning og sårbarhet.....	68
4.3	Tilpasningsstudier – fire ”hovedspor”	70
4.3.1	Tidsperspektivet	71
4.3.2	Ulike former for tilpasning.....	72
4.3.3	Tilpasning skjer under usikkerhet	74
4.3.4	Mobilisering av interesser og aktører	77
4.4	Sårbarhet og politikktutforming	78
4.5	Sårbarhet og tilpasningsevne er lite studert.....	79
4.6	En begrepsmodell for analyse av tilpasning og sårbarhet	81
4.6.1	Noen internasjonale erfaringer	81
4.6.2	Adaptation Policy Framework	83
4.6.3	En samlet begrepsmodell for sårbarhetsstudier.....	85
5	Regionale sårbarhetsstudier – skisse til en pilotstudie	90
5.1	Hvorfor regionale studier?	90
5.1.1	Sårbarhet og tilpasning som fokus	91
5.2	Stegvis tilnærming og bred deltakelse	93
5.2.1	Skrittvis tilnærming.....	95
	Litteratur	98
	Vedlegg 1 – eksempler på effektmodeller (prinsippkisser)	105

Figuroversikt

Figur s.1 En konseptuell modell for sårbarhetsanalyse (Kleven et al 2004).....	12
Figur s.2 A conceptual model for vulnerability studies	21
Figur 1.1 Kilder til usikkerhet i klimascenarier og effektmodeller	28
Figur 1.2 Dimensjoner i IPCCs sosioøkonomiske scenarier for framtidige utslipp av drivhusgasser	30
Figur 1.3 Antropogene utslipp av CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O og SO ₂ for seks illustrative scenarier sammenliknet med IS92a (IPCC 2001b:64).....	32
Figur 2.1 Effektkjede – prinsippskisse av direkte og indirekte klimaeffekter	41
Figur 2.2 Klimapanelets integrerte klimaeffektmodell (IPCC 2002a:40)	43
Figur 3.1 DPSIR - modellen	48
Figur 3.2 Effekter av klimaendring for natursystemene og det sosioøkonomiske systemet	50
Figur 3.3 Kopling mellom klimaeffekter og samfunnsmessige effekter	52
Figur 3.4 Prinsippskisse for kopling mellom (kritiske) klimafaktorer, produksjonsforhold og effektindikatorer i skogbruksnæringen	55
Figur 3.5 Effektkjede ("Climate Change Framework") for vannressurser (Chalecki & Gleick 1999)	56
Figur 4.1 Klimapolitikkens forskjellige responsmekanismer og virkningsfelt	66
Figur 4.2 Planlagt og automatisk respons på klimaendringer	73
Figur 4.3 Typer av tilpassing og noen eksempler på strategier og virkemidler	73
Figur 4.4 Usikkerhet aggregeres og sprer seg som en "kaskade"(Kilde: IPCC 2001c, fig. 2.2).....	75
Figur 4.5 Eksempel på tilnærming til sårbarhetsstudier (England).....	83

Figur 4.6.....Adaptation Policy Framework – prosjektfaser og retningslinjer.	84
Figur 4.7.....En begrepsmodell (konseptuell modell) for sårbarhetsstudier.....	86
Figur V.1Effektmodell for vann	105
Figur V.2Effekter for bygninger og fysisk infrastruktur	106
Figur V.3Effekter for turisme og friluftsliv	107
Figur V.4Effekter for helse og trivselsfaktorer.....	107

Sammendrag

Terje Kleven

Klimaendringer og lokal sårbarhet

- noen faglige overveielser for et forskningsopplegg

NIBR-rapport: 2005:15

Hovedhensikten med denne rapporten er å presentere et opplegg for regionale studier av tilpasning til effekter av klimaendring. Hvordan kan vi forberede oss på å unngå de mest negative, uheldige, skadelige og dramatiske konsekvensene der hvor effektene av klimaendringene kan forventes å ramme oss? Ikke nødvendigvis der hvor de vil opptre hardest, men der hvor Norge er mest *sårbar*.

Innenfor rammen av det strategiske instituttprogrammet "Regionale og lokale effekter av og tilpasninger til klimaendringer" har NIBR satt i gang et pilotforsøk i Hedmark fylke for å utvikle et opplegg for regionale *sårbarhetsstudier* i et område som omfatter dalførene Østerdalen og Rendalen ("Østerdalene"). Dette er et område som særpreges av temmelig ensidig næringsgrunnlag innenfor skog og jordbruk, hvor vannet i Glomma både er en ressurs og en trussel og hvor vinterturisme har vært noen av en næringsmessig redningsplanke. Hva vil skje om snøen i framtida ikke faller like rikelig, kommer like tidlig og går like seint? Eller er det helt andre forhold enn klimaet – tømmerpriser, globale markeder, demografisk utvikling – som vil bli de tunge drivkreftene som avgjør "Østerdalenes" framtidige utvikling? Kapittel 5 gir en oppsummering av opplegget for pilotstudien.

Kapittel 1 i gir en meget kortfattet presentasjon av noen hovedkonklusjoner fra den rapport FN's klimapanel la fram i 2002 om utviklingen av det globale klimaet. Deretter følger en tilsvarende kortfattet gjennomgang av hva klimaforskningen har konkludert med hensyn til den globale utviklingens effekter for det fremtidige klimaet i Norge. Vi presenterer bakgrunnen for klimapanelets konklusjoner og de globale utviklingsbaner og scenarier som er lagt til grunn for disse.

Vi tar disse konklusjonene, som på samme tid både er velkjente og forbundet med stor usikkerhet, som et gitt utgangspunkt.

Klimapanelet konkluderer at den globale gjennomsnittlige overflatetemperaturen har gjennom det 20. århundre økt med omkring 0.6°C. Snødekke og ismasser har avtatt og det har vært en vidstrakt tilbaketrekking av høytliggende isbreer i ikke-polare regioner. Det gjennomsnittlige havnivået har steget og havenes varmeinnhold har økt. Utslipp av drivhusgasser og partikler (aerosoler) forårsaket av menneskelig aktivitet fortsetter å forandre atmosfæren på måter som er forventet å påvirke klimaet. Konsentrasjonene av atmosfæriske drivhusgasser og deres strålingspådriv¹ har fortsatt å øke som et resultat av menneskelig aktivitet. Naturlige faktorer har bare gitt små bidrag til strålingspådrivet gjennom det siste hundreåret. Det har også oppstått endringer i andre viktige sider ved klimaet, så som økt nedbør og forekomst av ”ekstremvær”. Menneskelig påvirkning vil fortsette å endre den atmosfæriske sammensetningen gjennom det 21. århundret. På samme måte vil utslippet av drivhusgasser øke og global gjennomsnittstemperatur og havnivå vil forutsette å stige i alle klimapanelets scenarier.²

Det norske forskningsprogrammet *RegClim*³ konkluderer at de globale klimaendringene vil gi varierende regionale utslag for Norge. De regionale scenariene som er utviklet viser at de globale klimaendringene vil gi høyst ulike utslag i forskjellige deler av landet. Et gjennomgående trekk er at regionale forskjeller gjennomgående bli større enn i dag. En generell karakteristikk er at klimaet i Norge vil bli ”varmere, våtere og villere” i et 50-årsperspektiv (RegClim 2005). De største effektene kan forventes i nordområdene og på Vestlandet og de klimatiske forskjellene mellom Østlandet og de øvrige landsdelene vil øke. Østlandet får gjennomgående ”bedre” vær.

Vi polemiserer verken mot klimapanelets eller RegClims konklusjoner eller mot spørsmålet om klimaendringene er menneskeskapt eller ikke. Hensikten er å utvikle en faglig tilnærming til hvordan vi på lokalt nivå i Norge kan håndtere den store grad av usikkerhet som knytter seg til denne problematikken og hvordan vi kan nærme oss spørsmålet

¹ Begrepet ”radiative forcing” er på norsk oversatt til ”strålingspådriv”.

² Dette gjelder alle scenarier som inngår i IPCCs ”Special Report on Emission Scenarios” (SRES)

³ *RegClim* er et koordinert forskningsprosjekt, finansiert av Norges forskningsråd, for utvikling av scenarier for klimautvikling i Norden, omkringliggende havområder og deler av Arktis ved en global oppvarming [<http://regclim.met.no>].

om å takle den sårbarhet som norske lokalsamfunn kan komme til å stå overfor.

Fra effektstudier til studier av sårbarhet

Ressursbaserte og klimautsatte sektorer som landbruk, skogbruk, fiske og fiskeoppdrett, og turisme utgjør den avgjørende økonomiske basis i områder hvor det er forventet at de globale klimaeffektene vil ramme hardest. Innlands-Norge vil også rammes av klimaendringene, men trolig mindre dramatisk. Dette er imidlertid områder som er sårbare på andre måter. Effekter av klimaendring i disse områdene vil komme i tillegg til en rekke andre faktorer som er med på å bestemme økonomisk og sosial utvikling i områder med ensidig næringsgrunnlag og kritisk demografisk utvikling.

Kapittel 1 gir en oversiktlig presentasjon av noen de effekter på natur og samfunn som allerede er, eller som er antatt å bli, forårsaket av klimaendringene. Dette gir en bakteppe for å understreke den todelte politiske utfordringen som klimaendringene representerer: på den ene siden å redusere årsaken til de menneskeskapte klimaendringene, og på den annen side å tilpasse seg de forventede langtidseffekter som vil komme på grunn av den økte, og økende, konsentrasjonen av drivhusgasser som allerede er et faktum. Dette dreier seg om to vidt forskjellige politikkområder: politikk for utslippsreduksjon og politikk for tilpasning.

For å utforme mest mulig effektiv respons på observerte eller prognostiserte klimaendringer må vi danne oss en oppfatning av hvilke samfunnsmessige effekter som oppstår som følge av klimapåvirkning. Formålet med *effektstudier* er å undersøke hvordan og i hvilken grad endringer i klima påvirker naturlige og menneskeskapte systemer. Hensikten er å avdekke hvordan virkninger av klimaendringer kan knyttes til en eller flere bakenforliggende, utløsende årsaker, dvs. egenskaper ved klimasystemet. En effektstudie kan ha klare likhetstrekk med en miljøkonsekvensutredning.

Utviklingen innenfor studier av klimaeffekter har de siste årene skiftet fokus. I kjølvannet av den store usikkerheten som hat knyttet seg til Kyotoavtalens framtid, har mye av oppmerksomheten flyttet seg fra virkemidler rettet mot *utslippsreduksjon* til utforming av politikk og virkemidler for *tilpasning* til klimaendringer. Den omfattende vitenskaplige dokumentasjonen om at klimaendringer allerede er i gang – det være seg på grunn av naturlig variasjon, menneskeskapte utslipp eller begge deler – viser at tiltakene etter Kyotoavtalen ikke er tilstrekkelig for å reversere den utviklingen som er i gang. En eller annen form for tilpasning til det som allerede skjer, er nødt til å finne

sted. Særlig kritisk er situasjonen i en lang rekke klimautsatte utviklingsland (Tompkins & Adger 2003), men også i et ganske ”klimarobust” land som Norge vil det finnes områder, lokalsamfunn og næringer som vil være sårbare hvis endrede klimaforhold kan vise seg å svekke nærings- og livsgrunnet (O’ Brien et al 2003).

Den gryende forståelsen for behovet for å utforme politikk og tiltak for hvordan samfunnet skal tilpasse seg de langsiktige effektene av klimaendringene, omtales gjerne som et skifte fra ”første generasjons” effektsenarier til ”annen generasjons” tilpasningsstudier. Fokus flytes fra å beregne effekter til å vurdere *sårbarhet* og de økonomiske, sosiale og institusjonelle barrierer som tilpasning til klimaendring vil kunne møte (O’Brien et al 2004; Burton et al 2002; Clark et al 2000).

Et økt fokus på tilpasning endrer naturligvis ikke på behovet for å angripe klimaproblematikken ved kilden gjennom tiltak for å redusere utslipp av drivhusgasser. Å samtidig satse på tilpasning til klimaendringer som kanskje – eller til og med høyst sannsynlig – kommer, dreier seg først og fremst om å ”hverdagliggjøre” klimaproblemene og trekke dem inn i planer og beslutninger hvor de til nå har vært fraværende. Tilpasningsstudier er på mange måter å sette ”føre-var”- prinsippet ut i praksis.

Klimasårbarhet i Norge

Vi har ingen ferdigutviklede metoder for å gjennomføre tilpasningsstudier under *norske* forhold. Internasjonalt har FNs utviklingsprogram (UNDP) utviklet hva de kaller et rammeverk for polycystudier for klimatilpasning (*Adaptation Policy Framework*), særlig siktet inn mot utviklingslandenes behov (UNDP 2004). Flere europeiske land arbeider med å utvikle metoder for å utforme nasjonale handlingsstrategier i forhold til klimaendringene, for eksempel arbeidet i Storbritannia i regi av *United Kingdom Climate Impacts Programme* (UKCIP)⁴.

Studier av klimatilpasning bygger på tradisjoner fra mange disipliner. Ett utgangspunkt har vært å simulere effekter av fremtidige klimaendringer ved hjelp av modeller av mer eller mindre komplekse årsak/virkningskjeder som beregner hvordan kritiske klimafaktorer vil kunne utsette et gitt system for *risiko* for tap, skader og ulykker. Fokus i slike studier er å anslå omfang og rekkevidde av at ”gjennomsnittsklimaet” endrer seg eller som følge av at sterkt negative klimahendelser – ”ekstremisituasjoner” – inntreffer mer

⁴ <http://www.ukcip.org.uk/>

hyppig enn tidligere. Anslaget over sannsynlige effekter gir så grunnlag for å vurdere, i de mest avanserte modellene også beregne, konsekvenser og kostnader av predikerte klimaeffekter (klimascenarier). Denne tilnærmingen er i tråd med tradisjonen fra risikoanalyse av naturfenomener mer allment.

En alternativ tilnærming er å vurdere i hvilken grad et gitt system – som kan være en region, en næringssektor, en befolkningsgruppe – er i stand til å tåle skade. Eller omvendt: hvor sårbart dette systemet er for permanente eller fluktuerende påvirkninger forårsaket av klimaendringer. Sårbarhetsstudier bygger på faglige tradisjoner og metoder som benyttes i studier av fenomener som fattigdom, matvaresikkerhet, epidemier og sosial trygghet. Fokus i denne typen studier er altså ikke de direkte effektene av klimaendringene, men ulike systemers evne og kapasitet til håndtere effektene, dvs. å møte, tåle og tilpasse seg nye forhold og vilkår, negative som positive.

NIBRs pilotprosjekt i Hedmark har valgt denne siste tilnærmingen. Ikke fordi Norge synes å være spesielt sårbart, men fordi kartlegging av sårbarhet mye lettere kan ta utgangspunkt i en kontekst som alle kan forholde seg til, nemlig *dagens situasjon*. Sårbarhetsstudier kan bygge direkte på historiske forhold og folks erfaringer med ”været” og med ”uvær” av ymse slag, fra orkan og springflo til langvarig tørke. Sårbarhetsstudier forutsetter ikke på samme måte modellering av komplekse årsak/virkningskjeder. Sårbarhetsstudier kan bli konkrete der effektmodellene lett blir både komplekse og abstrakte.

En begrepsmodell for sårbarhetsstudier

Hovedformålet med pilotstudien å utvikle og utprøve en modell for gjennomføring av regionale sårbarhetsstudier i Norge i områder hvor klimaendringer vil kunne komme som et tillegg til andre tunge utviklingstrender og -trusler. Til dette trenger vi et analyseopplegg – en modell som knytter sammen de sentrale analytiske begreper og sammenhenger som vi må gjøre bruk av for å gjennomføre en sårbarhetsstudie. Figuren på neste side viser det vi har kalt en *konseptuell modell* for en sårbarhetsstudie. I modellen benytter vi begreper og definisjoner som samsvarer med det som er i bruk i internasjonal klimaforskning. Kapittel 4 gir en oversikt over dette.

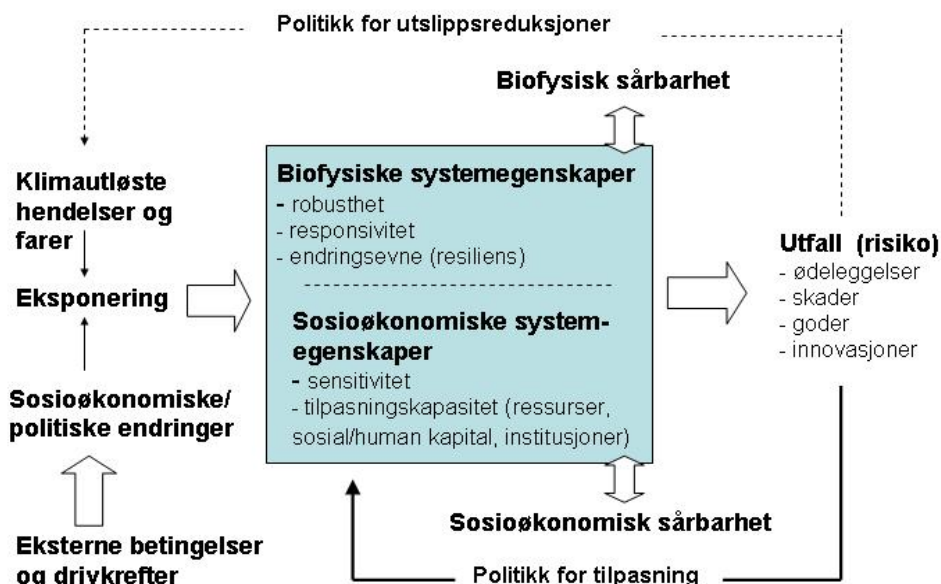
Studieobjektet i modellen defineres som et *system* med visse spesifikke egenskaper som eksponeres for eksterne *drivkrefter*. Vi skiller i modellen mellom *naturbestemte* drivkrefter, her representert ved hendelser utløst av klimaparametere (for eksempel temperatur, vind, nedbør, bølgehøyde, hver for seg eller i samvirke), og

sosioøkonomiske drivkrefter forårsaket av politiske beslutninger eller bestemt av sosiale, demografiske eller andre forhold.

Systemet vil være et nærmere avgrenset område som eksponeres for drivkrefter med potensial til å endre dets egenskaper. I vårt tilfelle er ”systemet” en region med mange ”delsystemer” i form av lokalsamfunn og -befolkning, naturressurser, næringer, teknisk og økonomisk infrastruktur. Fokus er de deler av systemet hvor klimaparametere utløser – eller har potensial til å utløse – forstyrrelser som vil påvirke det større systemets tilstand og atferd på negativt eller positivt vis.

Figur s.1 En konseptuell modell for sårbarhetsanalyse (Kleven et al 2004)

Sårbarhetstudier – en begrepsmodell



Modellen tar utgangspunkt i en utløsende *klimahendelse*. Med det menes et observerbart avvik fra normalsituasjonen forårsaket av klimaparametere som temperatur, nedbør, vind, bølger (alene eller i kombinasjon). En *klimafare* er en klimahendelse, eller en kombinasjon av flere hendelser, som kan forårsake skade. Klimafarer assosieres ofte med forekomst av *ekstremverdier* på én eller flere, sammensatte

klimaparametere. Hva som oppfattes som ekstremforhold er ingen fast størrelse. Ekstremisituasjoner, og tilhørende klimafarer, kan være vanlige og forekomme regelmessig (som vind over en viss styrke), eller de opptrer mer sjelden, med lange mellomrom (som en 100 års flom). Det avgjørende kriterium for hva som definerer ekstremforhold, vil være hvorvidt hendelsene forårsaker skader eller ikke.

Med *klimaeffekter* menes de direkte og indirekte effektene av klimahendelser på biofysiske, sosiale og økonomiske forhold i systemet. Klimaeffektene vil være avhengig av systemets *eksponering* for klimafaktorer, dets *følsomhet* for klimapåvirkning og dets *sårbarhet*. Et system kan være sterkt eksponert for klimafarer, men likevel så *robust* at det tåler mye. Eller det kan være følsomt for påvirkning, men ha egenskaper som gjør at det likevel ikke er særlig sårbart, dvs. har evne til *tilpasning*.

Et systems *tilpasningsevne* er dets evne til å justere eller forandre egenskaper eller atferd for bedre å kunne håndtere eksisterende eller forventet ekstern påvirkning. Et systems tilpasningsevne defineres av dets sosiale, økonomiske, menneskelige og institusjonelle ressurser. Tilpasningsevnen er derfor knyttet til spesifikke egenskaper ved systemet, som oftest uavhengig av hvordan det er eksponert for klimafarer.

En *sårbarhetsvurdering* vil alltid måtte knyttes til effektene av en spesifikk klimafare for et spesifikt system. Et systems sårbarhet er bestemt av to begrepsmessig forskjellige sett av faktorer: *Biofysisk sårbarhet* bestemmes av systemets eksponering og følsomhet for klimafarer, mens systemets *sosioøkonomiske sårbarhet* vil være bestemt av systemets kapasitet til å tilpasse seg ytre påvirkning, som en klimahendelse, enten disse vil være fordelaktige eller negative. Det innebærer at det vil være den sosioøkonomiske sårbarheten som blir avgjørende for det endelige utfallet av at systemet blir utsatt for en gitt klimafare.

Sårbarhetsanalyser krever bred deltakelse og skrittvis tilnærming

Sett fra offentlig sektor vil klimaspørsmål i stor grad berøre – og også i stor grad måtte løses gjennom – utformingen av politikk og virkemidler i miljøpolitikken og innenfor næringspolitikken i særlig ressursavhengige næringer. I tillegg vil planleggings- og beredskapsforvaltningen være av stor betydning med sitt ansvar for forebyggende tiltak eller direkte innsats i katastrofesituasjoner. Privat og individuelt vil klimahendelser kunne ramme *alle*, hvilket reiser spørsmål om rettighets- og kompensasjonsspørsmål for de som berøres.

Forvaltningssektorer og næringer som rent generelt har dokumentert sårbarhet overfor klimahendelser har vært landbruket (skog og jordbruk, reindrift), natur- og kulturlandskap, fysisk infrastruktur (forsynings- og transportnettverk) og bygninger, vannressurser, friluftsliv og turisme. I studieområdet ”Østerdalene” er landbrukssektoren, vannressursområdet (energiproduksjon og flom), teknisk infrastruktur (veger, energinett), folkehelse og beredskapsarbeid alle relevante sektorer sett fra offentlig forvaltnings ståsted. I en sårbarhetsstudie vil det likevel være helt sentralt å sikre bred representasjon fra berørte interesser og ressurspersoner og kunnskapsinstitusjoner dvs. en gruppe sammensatt av deltakerne fra

”Berørte”:	Representanter for næringer, interessegrupper som typisk har vært, er eller kan tenkes å bli rammet av klimahendelser
”Kunnskapsbærere”:	Representanter for kunnskaps- og fagmiljøer som sitter med ekspertkunnskap og/eller erfaring om hyppighet, utstrekning, omfang av klimahendelser og deres effekter
”Policyansvarlige”:	Representanter for offentlig forvaltning med ansvar for utforming og gjennomføring av politikk og virkemidler, tilsyn og overvåkning
”Leverandører”:	Representanter for teknologiske, finansielle og forskningsmessige støttefunksjoner
”Informatører”	Representanter som kan ivareta opplysnings- og formidlingsfunksjoner

Bred deltakelse er nødvendig både for å sikre et godt kunnskaps- og datagrunnlag og for å avklare hvordan tiltak og virkemidler kan utformes for å møte, avbøte og tilpasse seg truende klimahendelser – både eksisterende og fremtidige.

Gjennomføringen av en sårbarhetsstudie er en prosess med mange trinn og tilbakekoplinger. Et viktig poeng er å kunne trekke inn nasjonale, regionale og lokale ”nøkkelaktører” innenfor de sektorene som det er aktuelt å studere. Mye må investeres i å etablere et godt kunnskapsgrunnlag – både i form av lokal kunnskap og foreliggende vitenskapelig dokumentasjon om lokale klimahendelser og deres effekter.

Det første trinnet vil være å gjøre en vurdering av dagens sårbarhetssituasjon på grunnlag av foreliggende kunnskap fra eksisterende informasjons- og datakilder. Det sentrale spørsmålet her vil være å kartlegge studieområdets sosioøkonomiske basis, det vil si regionens avhengighet av ressursbaserte næringer som skogbruk,

landbruk og reindrift, næringsstruktur og sysselsetting og demografisk utvikling. I tillegg er det viktig med oversikt over sårbar samfunnsmessig (teknisk) infrastruktur og planleggings- og beredskapsopplegg i forhold til situasjoner med naturkatastrofer og ulykker.

Mot et slikt sosioøkonomisk bakteppe – en ”baseline” – vil det så være mulig å vurdere studieområdet *generelle* fysiske, økonomiske og sosiale sårbarhet, dets tilpasningsevne og kapasitet til å takle endringer. Effektene av klimaendringer vil *addere* seg til den generelle sårbarheten, forsterke eller redusere den alt ettersom hva de forventede effektene vil kunne bli. Her vil ikke minst kunnskap om hvordan klimaforhold har hatt *historisk* betydning innenfor ulike sektorer stå sentralt. Hvor finnes særlig sårbare områder med hyppige, store og skadelige utfall? Hva er, eller har vært, de avgjørende klimaparametrene? Et neste trinn vil være å gjøre en vurdering av hvordan og hvor effektivt dagens forvaltninger og eksisterende virkemidler håndterer klimautløste hendelser og sårbarhet. Hva blir gjort, eller forutsettes gjort, av hvem, på hvilke stadier, intervensjonspunkter og –nivåer, med hvilket apparat og med hvilke virkemidler?

På grunnlag av kunnskap om dagens situasjon vil neste trinn være opptatt av *fremtidig klimarisiko*. Her står vi overfor to kritiske forhold. For det første må det foreligge troverdige klimascenarier med en tidshorisont og detaljeringsgrad som gjør det mulig – interessant, relevant, troverdig og realistisk – å vurdere effekter av klimaendring på en måte som gir grunnlag for handling *i dag*. Om det vil være mulig å utvikle troverdige klimascenarier, avhenger av hvor godt klimaforskerne (i Norge RegClim) vil lykkes med å nedskalere globale klimadata og ”projisere” en sannsynlig fremtidig klimautvikling i Norge. For det andre må vi også utvikle et troverdig sosioøkonomisk scenario som de fremtidige klimautsiktene kan koples opp mot. Igjen: Effekter av endringer i klimaforhold vil være *tilleggseffekter* i forhold til de øvrige, interne og eksterne, drivkrefter som vil bestemme sosioøkonomisk og demografisk utvikling i det systemet som studeres.

Det siste trinnet i en sårbarhets- og tilpasningsstudie vil bestå i å finne fram til hva som kan være hovedelementene i en tilpasningsstrategi for det aktuelle systemet – området, næringen, lokalsamfunnet. Det betyr å vurdere systemets kapasitet til å tilpasse seg fremtidige klimaendringer i lys av det sårbarhetsbildet vi har dannet oss i forhold til hvordan *dagens* situasjon håndteres.

Norske media har de siste årene blitt mer opptatt av klimahendelser i oppslag som ikke mangler dramatikk. Spørsmål om klimatilpasning og klimaberedskap virker mindre dramatisk, men er ikke mindre alvorlig. Det er ikke nok bare å diskutere for og mot gasskraftverk eller hvordan Norge på billigste måte skal innrette seg i forhold til Kyotokravene. For å si det med et munnhell: "Klimaendringer er kommet for å bli." De avgjørende spørsmålene blir da hvordan vi takler dem, hvem som rammes og hvordan byrdene skal fordeles.

Summary

Terje Kleven

Climate change and local vulnerability

- some considerations for designing research

NIBR Report: 2005:15

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) has concluded that emissions of greenhouse gases and aerosols due to human activities continue to alter the atmosphere in ways that are expected to affect the climate. The world is getting warmer. Annual air temperature in Norway has increased by 0.04-0.08 °C per decade since 1876 (Førland et al 2000). Resource based and climate dependent economic sectors like agriculture, forestry, fishing, fish farming and tourism are significant parts of the economic base of many regions that may be impacted by these changes. Effects of climate change in these sectors will add to the generic socioeconomic vulnerability of regions, economic sectors and population groups that have a one-sided economic base. Recent studies of regional development in Norway show significant variations and imbalances between regions in their social, economic and demographic future outlooks. Certain regions are, more than others, exposed to changes in external factors and driving forces like global market prices, international regulations as well as changes in national policies and policy measures (O'Brien et al 2003).

Norway shows considerable regional variations in nature and demography, as well as in the exposure to climate change and climate related risks. According to scenarios for Norway produced by the RegClim project⁵ based on downscaling of scenarios from atmospheric-ocean general circulation models (AOGCM)⁶, climatic variations may increase in the future due to global warming. The RegClim scenarios show considerable regional differences in how the

⁵ <http://regclim.met.no>

⁶ One of the available scenarios is presented with a 50 year horizon; the others are developed for the time period 2071-2100 (RegClim 2002b).

climate may change. Although stressing the great underlying uncertainties, one scenario (from the present up to 2049), concludes that the most significant climate changes are anticipated for regions on the Western Coast and in Northern Norway. Other studies indicate that climate change may affect specific sectors of great local importance (e.g. like agriculture and tourism), and, hence, cause considerable variations between regions and communities in climate impacts (O' Brien et al 2003).

How climate generally affects production sectors, technical and social infrastructure has not been an issue in traditional studies of regional development in Norway. A few studies have addressed climate vulnerability and/or adaptation to climate change at a national level or in specific sectors like agriculture and tourism (see Lygna et al 2004 for an overview) and indicators of climate vulnerability at regional and local authority level (Aall and Norland 2003; O'Brien et al 2003). However, there is a general lack of research on climate factors as integral parts of regional development and policy analysis. Internationally, studies of climate impacts increasingly tend to be linked to the concept of sustainable development, seeing vulnerability to climate events as an integral part of socioeconomic conditions that can lead to poverty, social inequity and institutional neglect, i.e. to "social vulnerability" (Smit and Pilifosova; 2001:899; Tompkins and Adger 2003:3, Adger et al 2004:30). The options and capacity available to handle and adapt to climate related risks are clearly coupled to economic, environmental, social, cultural and institutional conditions and characteristics of the particular area under study. The capacity to adapt to climate change will vary geographically and socially as well as being influenced by economic, social, justice and equity considerations.

There is no common or generally agreed definition of what constitutes a vulnerable region, a community, population group or economic sector. Vulnerability and adaptation are defined according to professional traditions and need to be "translated" for use in the context of the actual cases under study (O' Brien et al 2004; Adger et al 2004; UNDP-GEF 2004). Thus, the core question in studies of vulnerability is "Who is vulnerable to what – and why"?

From mitigation to adaptation: the shift of focus

The development in studies of climate change impacts has undergone a shift in focus. First, in light of the problems faced in achieving ratification of the Kyoto Protocol and doubts to its effectiveness, the emphasis in policy development has turned from policies for

mitigation of emissions of greenhouse gases, to policies for *adaptation* to predicted climate changes. There is broad scientific agreement that impacts of climate change will occur or have already occurred – whether the reasons are increased anthropogenic emissions of greenhouse gases, natural climate variability or a combination. Actions to reduce emissions will not be sufficient to mitigate the negative effects of climate changes. As climate change impacts will show significant variations, adaptation policies will have to be tailored to meet considerable variations in socioeconomic contexts and national preconditions – i.e. in terms of vulnerability – for taking action. Some authors have referred to this sharpened focus on vulnerability as a shift from “first generation” scenario driven and impact oriented studies of mitigation measures to “second generation” adaptation policy studies with a focus on current vulnerability and barriers to adaptation (O’Brien et al 2004; Burton et al 2002; Clark et al 2000).

Second, impact studies of future climate changes are scenario driven and experience considerable methodological and cognitive problems due to the complexity and uncertainties associated with modelling effects and impacts (Risbey et al 1996) as well as the cognitive and political barriers connected with facing and/or accepting the outcome and implications. Impact studies and assessments may well face problems of credibility and legitimacy. Basing adaptation policies on climate scenarios with great uncertainties always run the risk that policy measures may lead to maladaptive. Third, modelling climate impacts at a local or regional level requires data inputs of finer resolution than regional circulation models at present can provide.

A conceptual framework for vulnerability and adaptation studies

A theoretical and methodological framework for studies of vulnerability and adaptation processes will need a model that links climate impacts and risks to the concepts of vulnerability and measures of mitigation and adaptation. In addition, there is a need to describe how assessments of climate related risks and vulnerability can be made in ways that make the assessments salient, credible and legitimate. There is at present no commonly shared definition or conceptualisation of vulnerability (Cutter 2003). The general model and methodological approach outlined below borrow heavily from the model developed under the auspices of United Nations Development programme (UNDP) summarized as the *Adaptation Policy Framework* (UNDP 2004). Also methods and approaches presented in various publications from the United Kingdom Climate Impact

Programme (UKCIP) and Tyndall Center have been important sources of information and inspiration.

We define a *climate related event* as an observable, physically defined deviation from a normal situation caused by climatic factors such as temperature, precipitation, wind, waves etc. (as a single parameter or in combination). A *hazard* is a climate related event with the potential of causing harm. The *impacts* of a climate hazard can affect biophysical as well as social and economic *systems*, i.e. a geographical region, a local community, an economic sector, a population group. Assessment of vulnerability will always relate to the impacts of a specified hazard or range of hazards to a specified system or exposure unit (Adger et al 2004:28).

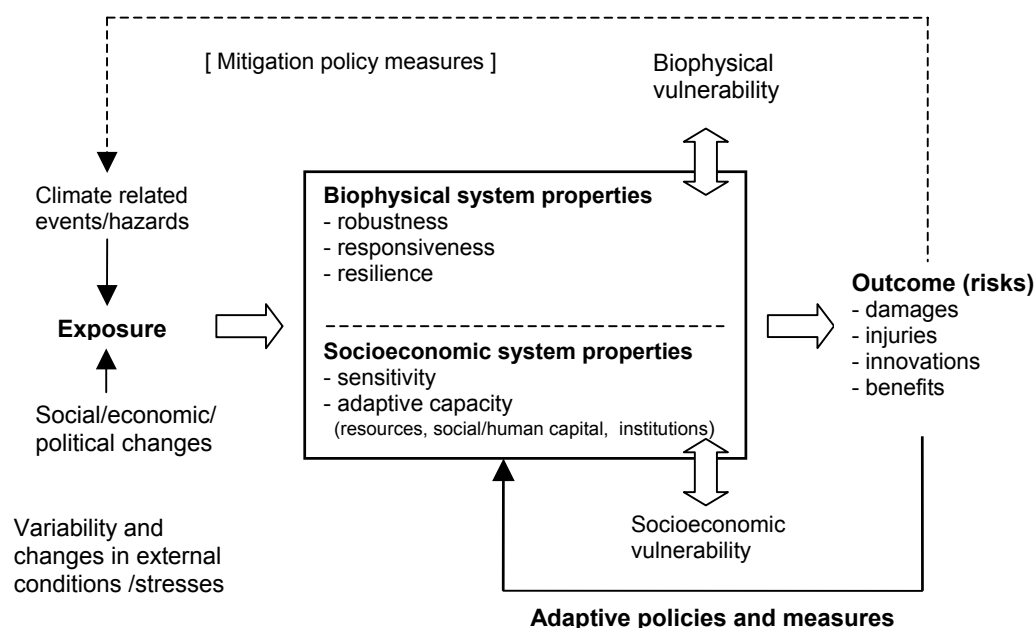
Impacts of climate hazards may have different *consequences* for different systems depending on to what extent the actual system is *exposed* to climate hazards, and to how sensitive, or *vulnerable*, the system is to the actual impacts. In addition to its exposure to hazards and/or changes in climatic conditions over time, the vulnerability of a particular system depend on the ability of the system to counteract reactively or proactively to the hazards and/or adapt to them. The exposure to climate hazards (or environmental hazards in general) is *risk dependent*, i.e. dependent on the risk of occurrence of a specific hazard/range of hazards. The system's *adaptive capacity*, on the other side, is defined by social, economic, human and institutional resources and capabilities of the particular system, i.e. the economic, social and human capital of the system (Cutter 2003; Yohe and Tol 2002).

The adaptive capacity of a system is a *state*, an inherent *system property*, independent of the system's exposure to hazards (O'Brien et al 2004; Adger et al 2004:29-30). Defined very broadly, a system's adaptive capacity can be described as its "ability or capacity to modify or change characteristics or behaviour so as to cope better with existing or anticipated external stress" (Adger et al. 2004:34). Thus, the *vulnerability* of a system is defined by two conceptually different sets of determining factors: its sensitivity to hazards – the *biophysical vulnerability* (or climate vulnerability) – and its adaptive capacity which defines its *social vulnerability* (Adger et al 2004). Biophysical vulnerability thus denotes the risk of being affected by a hazard, which in combination with social vulnerability defines the *outcome* (or future risk) of a system being impacted by climatic events/hazards. The ability of coping with climate related – or more generally, environmental – risks will be dependent on the institutional adaptation to social and economic vulnerability, where institutions encompass both organisation and interactions of social and economic spheres as

well as structures and procedures for allocation of resources and conflict resolution (Adger 2000). This two tier definition of vulnerability is closely related to the understanding of the concept in the literature on sustainable development (Turner et al 2003; APF Technical Paper no 3).

The conceptual model developed above can be summarised as shown in the figure below. Mitigation measures to reduce emissions of (exposure to) greenhouse gases are represented with a dotted line in the figure, as the focus of the suggested studies will be on vulnerability and adaptation (that in the end will also positively support mitigation).

Figure s.2 *A conceptual model for vulnerability studies*



When studying regional variations in vulnerability, it seems most appropriate to regard climate changes (or environmental factors in general) as *additional* to the set of overriding multiple and interacting socioeconomic and political factors/stressors that drive change.

Adaptation to climate changes involves questions of socioeconomic context and scale (Clark et al 2000). In the Norwegian context of substantial regional variations in the degree of dependence on natural

resource based economic activity, and in the importance of natural resources in sustaining settlement patterns, demographic development and equitable living conditions, it seems obvious that studies of climate impacts should be closely linked to disciplinary traditions for analysing (imbalanced) regional development and the effectiveness of policy measures.

Approach and methodology

Studies of vulnerability in the broad sense defined above will require considerable knowledge and data on socioeconomic trends and institutional changes in the actual region under study. A crucial theme will be the transition from regional dynamics forced by state institutions and interventions to the attempts to create regional, endogenous development and how these changes will impact on social vulnerability and adaptive capacity. This is an important argument to make extensive use of ongoing and/or recent research on regional development and general exposure to economic, socio-cultural and demographic (external) changes and driving forces.

Regional studies of vulnerability based on the conceptual model presented above, implies assessment of socioeconomic vulnerability and adaptation capacity in relation to present and future climate risks. The approach will require extensive involvement from national, regional and local interests and stakeholders. Regional and local administrations will have a major partner role as coordinators of stakeholder consultations. The study area included in a pilot project conducted by NIBR in the “Eastern Inland” region is roughly corresponding to the upper parts of the watersheds of the Glomma and Trysil rivers.⁷

The pilot project is planned in four stages following a modified version of the process suggested by the *Adaptive Policy Framework* (2004). The first stage, basically, deals with project design and process planning with the aim is to develop the general approach in consultation with major stakeholder groups. The second stage concentrates on the assessment of current biophysical and socioeconomic vulnerability of the region based on a synthesis of existing data and knowledge. It involves scoping recent and historic climate related events (the occurrence of climate hazards, damages, losses etc.) and – with the inputs from a broad range of stakeholder

⁷ For more specific research purposes it may be necessary to extend the region with parts of Akershus and Østfold counties in order to capture the lower part of the Glomma catchment. Østfold county has been a special case study undertaken by NIBR in the REGUT programme.

groups – an assessment of their importance for and contribution to the economic, social, welfare and demographic situation of the region. It poses questions like: In what ways does climate matter? What are the specific sectors and areas particularly exposed and vulnerable to climate related risks? How well are present policy measures, regional and local administrations capable to address questions of climate vulnerability?

The third stage involves the assessment of future climate related risks based on climate scenarios/outlooks for the region under study produced by RegClim. The climate scenario will then be linked to socioeconomic trends and development paths (scenarios) for the region in order to assess the influence of climate related risks in relation to the general socioeconomic vulnerability of the region and its adaptive capacity. Stakeholder consultations will ensure evaluation of the relevance and applicability of these combined outlooks. The last stage will concentrate on key issues for the formulation of adaptation strategies and the development of adaptive capacity to address future climate risks. The need for policy development, legislative and institutional changes, it being government or non-government, public or private sector, will be core issues.

1 Klimaet endrer seg – globalt og i Norge

“Is the Earth’s climate changing? The answer to this is unequivocally “Yes”” (IPCC 2001b:25)

1.1 Den globale klimautviklingen

Klimapanelet anslår at temperaturen på jorda i gjennomsnitt har økt med 0,6 °C i løpet av det 20 århundre. Utslipp og konsentrasjoner av klimagasser og aerosoler i atmosfæren er påvirket både av naturlige og menneskeskapt (antropogene) prosesser. Effekter av de antropogene utslippene skjer mot en bakgrunn av naturlig variasjon i klimasystemet. Konklusjonen er likevel entydig: Klimaet er under rask endring og menneskeskapt utslipp av drivhusgasser bidrar til dette (IPCC 2001b: 5,7).

Klimapanelets rapport om det vitenskapelige grunnlaget for de konklusjoner som trekkes om sannsynlige klimaendringer, er en meget omfattende rapport på nesten 900 sider, fordelt på 14 kapitler. Rapporten inneholder imidlertid to kortere sammendrag – ett for en målgruppe som betegnes som ”policymakers” og et, noe mer utfyllende, ”Technical Summary” som i større grad refererer detaljerte funn og konklusjoner fra hovedrapporten.

Siden formålet med denne rapporten ikke er å diskutere det naturvitenskapelige grunnlaget for klimapanelets konklusjoner – men tvert om, som nevnt i forordet, legger dem ”ukritisk” til grunn – er de referanser som gjøres i all vesentlig grad basert på de to sammendragene og IPCCs sammenfattende synteserapport (IPCC 2001a).

1.1.1 Noen av klimapanelets konklusjoner i korte trekk

Rapporten fra Klimapanelets arbeidsgruppe 1 ("The Scientific Basis") oppsummerer hovedtrekkene i den globale klimautviklingen og dens forventede effekter på følgende måte i rapportens innledende "Summary for Policymakers" (IPCC 2001b, se også IPCC 2001a:44-57, vår oversettelse):

- Det er økende tillit ("confidence") til modellens evne til å forutsi fremtidige klimaendringer. Det er fornyet og sterkere belegg for at det meste av den oppvarming som er observert i de siste 40 år kan knyttes til menneskelig aktivitet. En økende mengde observasjoner gir et samlet bilde av en varmere verden og av andre endringer i klimasystemet. Menneskelig ("anthropogenic") påvirkning vil være virksom i flere århundrer framover
- Den globale gjennomsnittlige overflatetemperaturen har gjennom det 20. århundre økt med omkring 0.6°C ⁸
- Temperaturen har i de siste fire tiår steget i de laveste 8 kilometerne av atmosfæren
- Snødekke og ismasser har avtatt
- Det har vært en vidstrakt tilbaketrekking av høytliggende isbreer i ikke-polare regioner i det 20. århundre
- Globalt gjennomsnittlig havnivå har steget og havenes varmeinnhold har økt
- Det har også oppstått endringer i andre viktige sider ved klimaet, så som økt nedbør og økt antall hendelser utløst av ekstremt vær (kraftig nedbør), men nedgang i forekomst av ekstrem kulde
- Utslipp av drivhusgasser og partikler (aerosoler) forårsaket av menneskelig aktivitet fortsetter å forandre atmosfæren på måter som er forventet å påvirke klimaet
- Konsentrasjonene av atmosfæriske drivhusgasser og deres strålingspådriv⁹ har fortsatt å øke som et resultat av menneskelig aktivitet
- Menneskeskapte aerosoler har kort varighet og fører stort sett til redusert strålingspådriv ("negative radiative forcing")
- Naturlige faktorer har gitt små bidrag til strålingspådrivet gjennom det siste hundreåret

⁸ Konfidensintervall: $0,4 - 0,8^{\circ}\text{C}$ (IPCC 2001a:46).

⁹ IPCCs begrep "radiative forcing" er på norsk oversatt til "strålingspådriv".

- Menneskelig påvirkning vil fortsette å endre den atmosfæriske sammensetningen gjennom det 21. århundret. Utslippet av drivhusgasser vil øke og globale gjennomsnittstemperatur og havnivå er forutsett å stige i alle klimapanelets scenarier¹⁰ for hele det 21. århundret. Strålingspådrivet vil øke og aerosoler vil kunne øke eller reduseres avhengig av bruken av fossilt brensel

Klimapanelet understreker den store usikkerheten som likevel er knyttet til disse prediksjonene og at det vil kreves ytterligere innsats for å møte eksisterende informasjons- og kunnskapsgap (IPCC 2001a:17). Usikkerheten knytter seg ikke minst til det framtidige omfanget av utlipp av klimagasser og de globale klimamodellenes kvalitet og evne til å predikere effektene av dette globalt og regionalt.

1.1.2 Globale klimamodeller og klimascenarier

Klimapanelets konklusjoner om klimautviklingen bygger på internasjonal forskning om klimautviklingen gjennom de siste 10 000 år slik den lar seg avlese gjennom klimapaleontologiske undersøkelser og direkte observasjoner og målinger etter at slike kom i gang. Konklusjonene om utviklingen av det framtidige globale klimaet, og hvordan det vil kunne variere mellom de forskjellige verdensregioner, er basert på klimamodeller. Klimamodellene forsøker å avbilde (simulere) naturlige og menneskeskapte prosesser som bestemmer klimaet gjennom numerisk representasjon (avbildning) av disse prosessene som mer eller mindre komplekse fysisk-matematiske sammenhenger.¹¹

Klimamodellenes evne til simulere klimaforhold er avhengig av hvor godt de lykkes i å modellere de mange og komplekse biofysiske og kjemiske prosessene som påvirker klimaet. Modellene er *dynamiske*, dvs. styrt av feedbackprosesser innen og mellom naturlige og sosioøkonomiske systemer. (For en kortfattet beskrivelse av hvordan klimamodellene, i takt med økt regnekapasitet i kraftige datamaskiner, har utviklet seg fra enkle atmosfæremodeller til komplekse modeller

¹⁰ Dette gjelder alle scenarier som inngår i IPCCs "Special Report on Emission Scenarios" (SRES)

¹¹ En klimamodell kan defineres som "Representation of the climate system based on the mathematical equations governing the behaviour of the various components of the system and including treatment of key physical processes and interactions, cast in a form suitable for numerical approximation making use of computers" (National Snow and Ice Data Center; <http://nsidc.org/arcticmet/glossary/climate.model.html>).

hvor ulike deler av klimasystemet koples sammen, se IPCC 2001a side 48-49).

En sentral test på klimamodellenes troverdighet vil være i hvilken grad de kan reprodusere historisk observert klima. Et stort antall modeller består denne prøven og er i stand til presentere simulerte klimaforhold og -variasjoner i god overensstemmelse med faktiske forhold (IPCC 2001a:54). Modellene skal kunne estimere både naturlig klimavariabilitet og menneskeskapt påvirkning. Siden klimaet er et "kaosystem", dvs. et ikke-lineært system hvor likevekten vil være påvirket av selv små endringer i utgangsbetingelsene, er det betydelig usikkerhet knyttet til modellenes prediksjoner. Tekstboksen nedenfor oppsummerer de viktigste kildene til usikkerhet omkring klimaeffektene (IPCC 2001c) ¹². Klimascenariene utviklet av IPCC benytter seg derfor av et bredt utvalg av klimamodeller som varierer med hensyn til graden av kompleksitet og valg av utgangsforutsetninger.

(IPCC 2001c: box 2.1).

¹² Vi kommer nærmere tilbake til temaet usikkerhet i avsnitt 4.5

Figur 1.1 *Kilder til usikkerhet i klimascenarier og effektmodeller*

Box 2-1. Examples of Sources of Uncertainty
<i>Problems with Data</i>
<ol style="list-style-type: none">1. Missing components or errors in the data2. "Noise" in data associated with biased or incomplete observations3. Random sampling error and biases (nonrepresentativeness) in a sample
<i>Problems with Models</i>
<ol style="list-style-type: none">4. Known processes but unknown functional relationships or errors in structure of model5. Known structure but unknown or erroneous values of some important parameters6. Known historical data and model structure but reasons to believe parameters or model structure will change over time7. Uncertainty regarding predictability (e.g., chaotic or stochastic behavior) of system or effect8. Uncertainties introduced by approximation techniques used to solve a set of equations that characterize the model
<i>Other Sources of Uncertainty</i>
<ol style="list-style-type: none">9. Ambiguously defined concepts and terminology10. Inappropriate spatial/temporal units11. Inappropriateness of/lack of confidence in underlying assumptions12. Uncertainty resulting from projections of human behavior (e.g., future consumption patterns or technological change), as distinct from uncertainty resulting from "natural" sources (e.g., climate sensitivity, chaos)

Alle klimamodellene styres imidlertid av noen grunnleggende felles input knyttet til endringer i konsentrasjonen av drivhusgasser og aerosoler i atmosfæren som den primære drivkraft bak klimaendringene. De viktigste drivhusgassene (DHG) er karbondioksid (CO_2), metan (CH_4) og nitrogenoksid (N_2O); viktige aerosoler er svoveldioksid (SO_2) og mikroskopiske forbrenningspartikler (sot). Mens økt konsentrasjon av drivhusgasser øker den globale oppvarmingen, har aerosoler en motsatt effekt fordi de absorberer og reflekterer solenergi tilbake til verdensrommet. Aerosoler påvirker også skydannelsen med indirekte effekter på strålingsbalansen (strålingspådriv), men disse er foreløpig lite kartlagt (IPCC 2001a:45).

Det foregår en løpende utvikling av klimamodellenes evne til å simulere de komplekse prosessene som bestemmer naturlig klimavariasjon. IPCCs siste rapport konkluderer med at mange av disse prosessene foreløpig er mangelfullt forstått og modellene lite utviklet, men konkluderer med at dagens modeller gir troverdige klimasimuleringer på subkontinentalt nivå og at de må anses som et velegnet verktøy for projeksjoner av framtidig klima (IPCC 2001:54). Det avgjørende i denne sammenheng vil være modellenes evne til å gi troverdige anslag både på naturlig variasjon og effektene av menneskeskapt påvirkning – særlig i forhold til utslipp av drivhusgasser. Ingen enkelt modell anses for å være ”den beste”, men et større knippe modeller blir brukt for å redusere usikkerheten i anslagene om mulig framtidig klimautvikling mest mulig.

Et sentralt punkt i modellering av framtidig klima vil være sosioøkonomiske scenarier for hvordan *drivkreftene*¹³ bak utslipp av drivhusgasser og aerosoler vil utvikle seg over tid. Den framtidige utviklingen i disse drivkreftene vil være direkte koplet til hvilke forutsetninger som gjøres om globale utviklingsbaner med hensyn til økonomisk, demografisk og teknologisk utvikling. Framtidige scenarier for klimaendring må med andre ord knyttes til et sett sosioøkonomiske framtidsscenarier. IPCC har utviklet et sett av *klimascenarier* fram mot år 2100 på grunnlag av ulike forutsetninger om utviklingen i utslipp av drivhusgasser og – i noen grad – også andre menneskeskapte forhold som påvirker strålingspådrivet, som for eksempel endringer i arealbruk.

Fire scenariefamilier

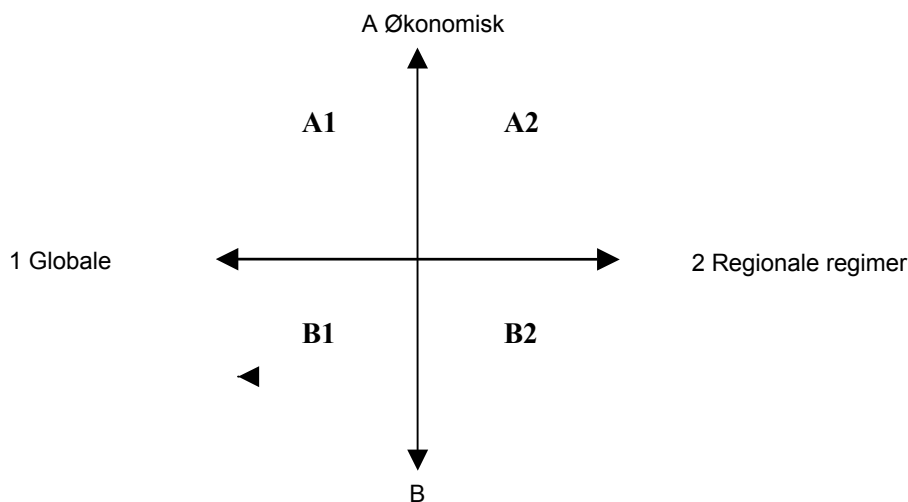
IPCC har utviklet fire hovedfamilier av framtidsscenarier basert på fire grunnleggende forskjellige sett av forutsetninger om utviklingen i utslipp av drivhusgasser. Dette rapporteres i en egen rapport *Special Report on Emission Scenarios*, SRES (IPCC 2001d).

De fire scenariefamiliene defineres av ulike forutsetninger om utviklingen langs to hoveddimensjoner som anses som helt avgjørende for de drivkreftene som påvirker utslippet av drivhusgasser:

- Forholdet mellom (prioritering av) økonomisk vekst (A) versus miljøhensyn (B)
- Globale (1) versus regionale (2) løsningsstrategier

¹³ Klimapanelets begrep ”forcing agents” oversettes her litt mindre presist med ”drivkrefter”.

Figur 1.2 *Dimensjoner i IPCCs sosioøkonomiske scenarier for framtidige utslipp av drivhusgasser*



Kombinasjonen av de to dimensjonene definerer fire ulike grupper av framtidsscenarier, med hver sine karakteristiske utviklingstrekk, i SRES (se ovenfor) omtalt som "story lines" (IPCC 2001d; IPCC 2001a: 62-63):

A1: Kraftig økonomisk vekst med en global befolkningsvekst som kulminerer i midten av det 21. århundre før deretter å synke. Regional utjevning og sosiokulturell interaksjon og utveksling som utjevner forskjeller i global per capita inntekt. Det skjer rask utvikling og anvendelse av ny og effektiv teknologi

A 1 omfatter også tre underscenarier med forskjellige forutsetninger for framtidige teknologiske løsninger med hensyn til energibruk og energieffektivitet (bruk av primært fossilt brensel versus framvekst av alternative energikilder eller en mer "balansert" utvikling mellom fossile og alternative energikilder)

A2: En heterogen verden hvor det underliggende tema er selvoppholdelse, lokal tilknytning og tillit til egne krefter. Befolkningen vil fortsatt øke, men økonomisk vekst og teknologisk endring er lavere, mer fragmentarisk og mer ulikt fordelt mellom regioner enn i A1

B1: Befolkningsutvikling som i A1, men med raskere overgang til en tjenesteytings- og informasjonsøkonomi med lavere materielt konsum og bred anvendelse av ren og energieffektiv ("grønn") teknologi

B2: Et scenario med vekt på lokale løsninger og sosial, økonomisk og miljømessig bærekraft. Økende befolkning (men med lavere vekst enn A2), med lavere økonomisk vekst og mindre hurtig, men mer differensiert teknologisk utvikling enn i A1 og B1 scenariene

Med utgangspunkt i de fire sosioøkonomiske narrativene ("story lines") er det ved hjelp av et sett globale koblede klimamodeller¹⁴ utviklet til sammen 40 forskjellige scenarier for utslipp av drivhusgasser og svoveldioksid (SO₂) basert på de fire scenariefamiliens varierende forutsetningene om befolkningsutvikling, økonomisk og teknologisk utvikling og arealbruksmønster¹⁵. Innenfor hver familie er det igjen valgt ut et illustrativt scenario ("marker scenario") uten at dette anses som "bedre" eller mer sannsynlig enn de øvrige. Hvert scenario utgjør et konsistent bilde av en mulig, framtidig situasjon. Ingen av scenariene forutsetter eksplisitte policytiltak for å endre utslipp av drivhusgasser og/eller SO₂. Teknologisk utvikling er en minst like betydningsfull faktor (drivkraft) i scenariene som økonomisk og demografisk utvikling.

Variasjonene i graden av modellspesifikasjon og de forutsetninger som legges til grunn, gir stor spredning i utfallet av modellberegningene. Stigningen i den globale gjennomsnittstemperaturen fram til år 2100 varierer mellom 1,4 og 5,8 °C i de ulike scenariene (IPCC 2002a:62-63)¹⁶. Klimapanelet konkluderer med at det til tross for betydelig usikkerhet er "sannsynlig"¹⁷ at den globale oppvarmingen som har funnet sted de siste 50 årene skyldes økt konsentrasjon av drivhusgasser i atmosfæren. Det impliserer at klimaet påvirkes av

¹⁴ Seks såkalte koblede atmosfære/hav modeller (Atmosphere, Ocean, Global Climate Models; AOGCM)

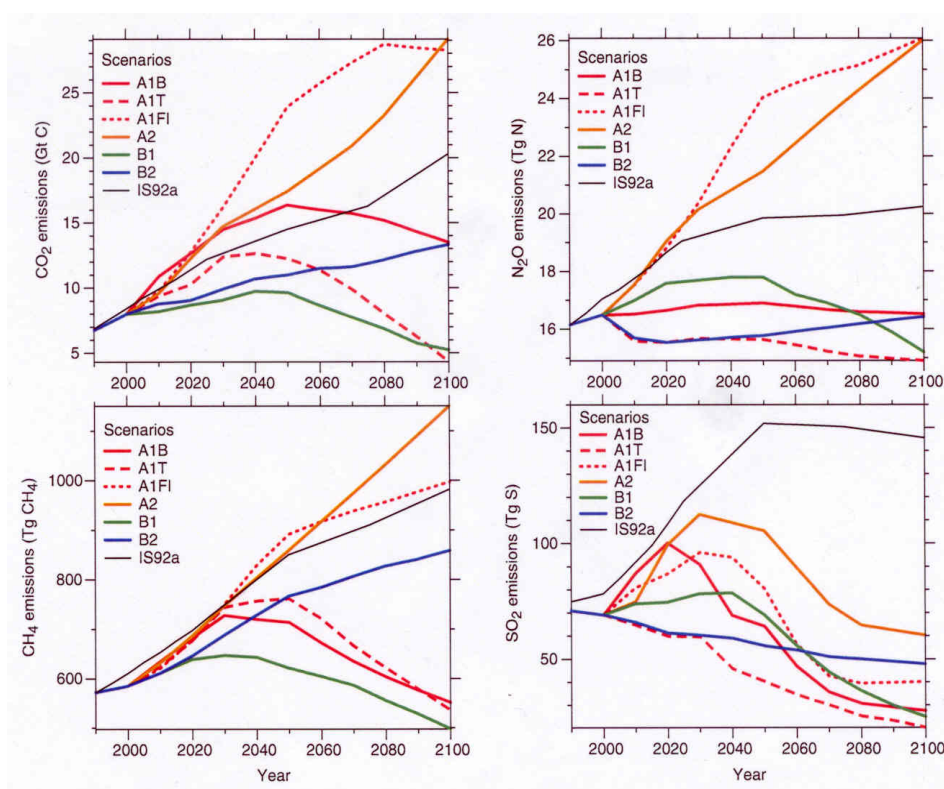
¹⁵ Global forekomst og relativ fordeling av skog, dyrkingsareal og annen vegetasjon, som har betydning for opptak og binding av CO₂.

¹⁶ IPCC opererer med 7 hovedscenarier for global middeltemperatur (av totalt 35 ulike scenarier for utvikling av atmosfærens innhold av klimagasser). De angitte verdiene viser spredningen for de 7 hovedscenariene; for alle 35 modeller er spredningen enda større (RegClim 2002).

¹⁷ IPCC bruker termen "likely", hvilket innebærer at konklusjonen anses som korrekt/sikker med 66-90% sannsynlighet (IPCC 2001a:2), se for øvrig fotnote 43.

menneskelig aktivitet. Figur 1.3 (neste side) viser menneskeskapte utslipp av de tre viktigste drivhusgassene og SO₂ for de fire scenariefamiliene sammenliknet med ett av scenariene (IS92a) fra klimapanelets første rapport.

Figur 1.3 *Antropogene utslipp av CO₂, CH₄, N₂O og SO₂ for seks illustrative scenarier sammenliknet med IS92a (IPCC 2001b:64)*



1.1.3 Forventede effekter av global oppvarming

Utslippsscenarioene gir mulighet for simulering av framtidig klima og de sentrale drivkreftene som forårsaker endring. Scenarioene gir også grunnlag for å vurdere effekter av endringer i forskjellige klimaparametere og for å drøfte mulige politiske og samfunnsmessige motstrategier for å redusere utslipp og håndtere de klimaendringene som kan forventes på kort og lang sikt.

Konsentrasjonen av atmosfærisk CO₂ vil øke, og den globale gjennomsnittstemperaturen og havnivået vil stige i alle de foreliggende scenariene. Anslagene for konsentrasjonen av andre drivhusgasser varierer betydelig mellom scenariene, likeså effektene av aerosoler.

Den globale gjennomsnittstemperaturen er, som nevnt, forventet å stige med 1,4 til 5,8 °C fram til år 2100. Forventet oppvarming er betydelig større enn det som har skjedd gjennom det 20. århundret og meget sannsynlig¹⁸ ganger høyere enn i noen periode i de siste 10 000 år. Snødekt areal vil bli redusert og nedsmelting av permanente iskapper er forventet å øke, med den følge at havnivået vil kunne stige med 9-88 cm. Også globale systemer, som El Niño-fenomenene, monsunvinder og den thermohaline sirkulasjonen, som styrer Golfstrømmen, kan bli påvirket.

Klimaendringene vil vise betydelige globale variasjoner med hensyn til temperaturstigning, nedbør og havnivå. Gjennomsnittlig årlig nedbør vil øke som følge av temperaturstigningen; noe som innebærer at også fordeling og intensitet (variabilitet) av nedbøren vil endre seg. Nordlige områder kan forvente å få mer nedbør og større variasjoner mellom årene. Samtidig blir klimamodellenes prediksjoner mer og mer usikre jo lenger nord områdene ligger. Selv om konklusjonen så langt må betegnes som usikker (Prestrud 2003), peker resultatene av modellkjøringene i retning av at en økning i middelverdiene for temperatur og nedbør også fører til større forekomst av ekstreme forhold, dvs. forhold som avviker sterkt fra det normale på stedet.¹⁹

“According to the “Arctic Climate Impact Assessment” (ACIA), we can expect that in the Arctic regions the temperature change will be twice as big and the increase in precipitation greater than in the rest of the world. The uncertainty, however, is also great—as a result of the large natural climate variations and differences between climate models.” Inger Hanssen-Bauer i *Cicerone* 6-2004

¹⁸ Se avsnitt 4.3.3 for bruken av begrep som ”sannsynlig” i forbindelse med predikerte klimaendringer.

¹⁹ IPCC definerer en ekstremhendelse på følgende måte: “An extreme weather event is an event that is rare within its statistical reference distribution at a particular place. Definitions of “rare” vary, but an extreme weather event would normally be as rare as or rarer than the 10th or 90th percentile. By definition, the characteristics of what is called extreme weather may vary from place to place” (IPCC 2001a: App. I).

Effekter av klimaendringer for biofysiske og sosioøkonomiske systemer

Klimaendringer kan endre naturmessige, sosioøkonomiske og velferdsmessige betingelser både i ugunstig og i fordelaktig retning. En generell konklusjon er imidlertid at jo større endringene blir, desto større er sannsynligheten for at de ugunstige effektene vil dominere, og at de fattige landene vil bli sterkest rammet (IPCC 2001a:67-68). Blant de mer robuste funn og konklusjoner i internasjonal klimaforskning, framhever IPCC blant annet (IPCC 2001a):

- Regionale klimaendringer – særlig temperaturøkningene – har påvirket og vil fortsette å påvirke biologiske systemer og grensene for leveområdene for planter og dyr. Observerte endringer omfatter mellom annet endring i utbredelsen av isbreer og permafrost
- Mange naturlige systemer er utsatte for klimaendringer og en del av de endringene som skjer, og som vil bli forsterket i framtiden, kan føre til irreversible endringer i naturen. Arter vil forsvinne, andre arter vil få mye bedre levevilkår og utkonkurrere arter som får dårligere levevilkår
- Hyppigere forekomst av ekstreme vær fenomener som stormer og oversvømmelser eller tørke vil få vesentlige effekter for samfunnet og betydningen av disse vil variere regionalt og lokalt
- Sosiale og økonomiske systemer har allerede blitt påvirket av ekstreme vær fenomener som flom og tørke i ulike deler av verden. Dette fører til endrede vilkår for bosetting og i noen tilfeller til demografiske endringer (migrasjon). Økninger i denne typen ekstrem fenomener vil kunne gi grunnlag for betydelige ringvirkninger og større usikkerhet i framtida.
- Menneskelige systemer er følsomme overfor klimaendringer, og noen systemer er utsatte og spesielt sårbare. Eksempler på sårbare systemer med særlig betydning for menneskers og dyrs livsbetingelser og levekår er endrede vilkår for å drive landbruk og andre typer klimaavhengige næringer (som for eksempel turisme), endringer i vilkårene for utbredelse av ulike typer sykdommer, økt fare for flom og andre typer ekstremhendelser utløst av klimatiske forhold i noen typer regioner, endringer i energibehov

Risikoen for negative effekter av klimaendringer øker med omfanget av endringene. Selv om anslagene for gjennomsnittlige temperaturøkninger varierer betydelig, vil effektene, selv ved de mest forsiktige anslagene, kunne gi regionale og lokale utslag som langt overskrider de globale gjennomsnittsverdiene. Klimaendringene vil

også slå ulikt ut i ulike sammenhenger. Det skal for eksempel ganske små gjennomsnittlige temperaturendringer til før risikoen for ekstreme klimahendelser som flom, tørke og ekstremvær øker. Det samme gjelder faren for at utsatte arter forsvinner. På den annen skal det imidlertid betydelig mer til før det oppstår fare for at store globale systemer som for eksempel havstrømmer eller de polare iskappene påvirkes. Men ved de mest radikale temperaturscenariene vurderes risikoen også for slike endringer som betydelig. Dette vil i så fall føre til varige og dramatiske endringer i mulighetene for en kontrollert samfunnsmessig tilpassing (IPCC 2001a).

Klimapanelet har pekt på hva som antas vil bli nøkkelfaktorer ("key issues") i relasjon til klimaendringer i Europa og andre store regioner, og hvordan disse for noen fenomeners vedkommende mest sannsynlig vil fordele seg på forskjellige geografiske hovedområder, herunder det nordlige Europa og Arktis, og kystområdene. Dette er utgangspunkt for de forsøk som er gjort på å utvikle scenarier for viktige klimaparametere på regionalt og lokalt nivå.

1.2 Klimaendringer i Norge

Også i Norge er det registrert effekter av den globale oppvarmingen som har skjedd gjennom det siste hundreåret. Den årlige lufttemperaturen har økt med 0.04-0.08 °C per tiår siden 1876 (Førland et al 2000). Beliggenheten langt mot nord og store topografiske forskjeller skaper stor variasjon i klimatiske forhold, eksponering og sårbarhet for klimaendringer. Den globale oppvarmingen vil ha større – men mer usikre – effekter jo lenger nordover i landet vi beveger oss.

1.2.1 Lokale klimascenarier - nedskalering av globale klimamodeller

Klimapanelets globale klimascenarier bygger på en betydelig forenkling av de drivkrefter som påvirker utslippene av klimagasser, men også av eventuelle mottiltak for å redusere dem. De globale klimamodellene har meget grov *oppløsning*²⁰. De beregner gjennomsnittsverdier for prognostiserte endringer i sentrale klimavariabler basert på de samlede utslipp av klimagasser som de

²⁰ Med oppløsning menes den geografiske tettheten ("rutenettet") som klimaparameterne oppgis for. I de globale klimamodellene vil oppløsningen være flere hundre kilometer.

ulike sosioøkonomiske scenariene er prognostisert å føre til. Scenariene bygger på antagelser om demografisk, sosioøkonomisk, politisk og teknologisk utvikling som både er beheftet med stor grad av usikkerhet og som vil variere svært mye mellom verdensdelene.

De globale scenariene tar ikke hensyn til de mange regionale/lokale geografiske og topografiske forhold som bestemmer klima og klimavariasjoner i et aktuelt område, for eksempel i ulike deler av Norge. RegClim (<http://www.regclim.met.no/>) har ved forskjellige metoder for *nedskalering* av klimautviklingen, slik den beregnes i de globale modellene, beregnet de globale klimascenarienes effekter for Norden, for havområdene og for deler av Arktis. Utgangspunktet for beregningene er de to faglig best utviklede globale modellene (såkalte atmosphere-ocean general circulation models, AOGCM) utviklet ved Hadley Centre og Max-Planck Institute, jfr. Grønås 2003), som i sin tur er tilpasset de regnemodeller som benyttes ved Meteorologisk institutt (Met.no).

De regionale scenariene baserer seg på såkalt dynamisk nedskalering av beregningene fra de globale modellene som så er sammenholdt (kalibrert) med empiriske data fra lange tidsserier av klimaobservasjoner i Norge (Bjørge et al 2000, Benestad 2002, Hanssen-Bauer et al 2003). Dette gir mulighet for å estimere framtidige klimatiske situasjoner i et nett med langt finere oppløsning enn den som benyttes i de globale modellene.

RegClims nedskalering viser at de globale klimaendringene vil gi varierende regionale utslag for Norge, sett i et 50-års perspektiv (RegClim 2005, Miljøverndepartementet 2002)²¹. Selv om de regionale scenariene må oppfattes som illustrasjoner som det er knyttet stor usikkerhet til, gir de et plausibelt bilde av hvordan klimaendringene vil gi høyst ulike utslag i forskjellige deler av landet. Data fra RegClim gjør det mulig å utvikle regionale utsikter for sannsynlig utvikling i klimaparametere som temperatur, nedbør, frostmengde (grad-dager) osv. (Skaugen m.fl. 2002 a-c). Et gjennomgående trekk i RegClims scenarier er at regionale forskjeller gjennomgående blir større enn tilfellet er dag. En generell karakteristik av de klimaendringene som RegClims scenarier forutser, er at klimaet i Norge blir ”varmere, våtere og villere” (RegClim 2002;2005). De største effektene kan forventes i nordområdene og i sørvest, og de klimatiske forskjellene mellom Østlandet og de øvrige landsdelene vil

²¹ Ett av scenariene har en 50 års horisont; de andre er utviklet for perioden 2071-2100.

øke. Østlandet får gjennomgående ”bedre” vær, for eksempel flere varme sommerdager.

Foreløpige analyser og effekter av klimaendring fram mot midten av dette århundret peker på at noen områder og samfunnssektorer vil være særlig sårbare (O’ Brien m.fl. 2003) med hensyn til klimaendringer. Eksempler på klimautsatte sektorer er landbruket, utmarks- og turistnæringen, fiskeoppdrett, bygninger og fysisk infrastruktur, transportsektoren og vannkraftproduksjon. Enkelte områder, sektorer og grupper – samlet eller som mindre, stedstypiske klynger – er med andre ord mer sårbare for klimaendring enn andre.

Selv om RegClims nedskalering gir grunnlag for å gi klimadata med langt større oppløsning enn de globale modellene (per i dag opererer RegClim med et rutenett på 55 x 55 km) vil det kreves et langt mer finmasket nett for å kunne si noe om mulige effekter av klimaendringer for *lokale* forhold, for eksempel innenfor en kommune, et nedbørfelt eller en spesiell biotop. For å kunne utvikle troverdige effektmodeller som grunnlag for strategier for å motvirke og/eller tilpasse seg klimaendringene, krever en langt større oppløsning og detaljeringsgrad enn hva RegClim i dagens situasjon kan levere. Dette forholdet er drøftet grundigere i avsnitt 3.4.

Sosioøkonomiske forutsetninger

RegClims scenarier tar utgangspunkt i IPCCs globale utslipps-scenarier. Følgene av den globale oppvarmingen som forutsies, vil imidlertid her til lands møte en *norsk* virkelighet som er kjennetegnet av måten det norske samfunnet er styrt og organisert på, av våre sosioøkonomiske vilkår, vårt ressursgrunnlag og vårt kunnskapsnivå. Evnen til å møte de utfordringer som klimaendringene medfører er naturligvis i stor grad avhengig av nettopp disse forholdene. Disse har vi god oversikt over for dagens situasjon. Vi vet imidlertid ikke mye – i prinsippet ingenting – om hvordan disse vilkårene vil framstå på det tidspunkt eventuelle klimaendringer for alvor vil bli følbare. Det er stor usikkerhet *om* de kommer, i hvilket *omfang* de kan opptre, og om hvordan et framtidig samfunn vi ikke kjenner, kan takle dem.

I norsk sammenheng foreligger det ingen framtidsscenarier som eksplisitt tar for seg den langsiktige utviklingen av miljø- eller klimaforholdene. De to scenariene *Norge 2030* (Arbeids- og administrasjonsdepartementet) og *Horisont 21* (ECON) er utviklet for andre formål enn å vurdere alternative utviklingsbaner styrt av miljø- og klimaforhold. Det nærmeste vi kommer et eksplisitt miljøscenario er forskningsrådets publikasjon ”Rikets miljøtilstand 2030 – et framtidsbilde” (Norges forskningsråd 2002) hvor ett av sju korte

kapitler tar opp klimaendringene. Noen sider av de framtidsutsiktene som tegnes, er vist i nedenstående tekstrute.

Noen hovedpunkter fra "Rikets miljøtilstand 2030":

- Det internasjonale klimapanelets "business as usual" scenario fra 2002 er fortsatt det mest dekkende og realistiske for situasjonen med hensyn til CO₂ utslipp. RegClims klimascenario fra tiden rundt millenniumskiftet har vist seg å slå til. Norge har blitt "varmere, våtere og villere": 1,5 grader varmere i gjennomsnitt, 10% mer nedbår, mest som regn. Bare høyfjellet kan nå by på gode vilkår for vinterturisme.
- Sørøstlandet har fått "engelsk" klima – vått og grått. Nord-Norge har fått mer voldsomt og stormfullt vær.
- Klimaendringene har påvirket natur- og ressursgrunnet. Mange arter i flora og fauna har forsvunnet og nye har kommet til.
- Klimaendringene har påvirket grunnlaget for ressursbaserte næringer, særlig for fiskeriene hvor nye varmekjære arter dukket opp, for skogbruket hvor den årlige tilveksten har økt kraftig og for jordbruket hvor avkastningen har økt i takt med gunstigere, mer "sørlige" dyrkingsforhold.
- Norge er fortsatt et klimarobust land, men kystområdene, og særlig de arktiske områdene, er blitt mer utsatt og sosioøkonomisk sårbare.

Et slikt grovt oversiktsbilde gir ikke et tilstrekkelig og utfyllende grunnlag for vurdering av klimaeffekter og klimatilpasning i Norge. Konkusjonen er at det vil være behov for et mer gjennomarbeidet perspektiv – enten som en særnorsk eller som en nordisk fortolkning eller "oversettelse" av de globale sosioøkonomiske scenariene som ligger til grunn for IPCCs arbeid. En slik nasjonal tilpasning er for eksempel gjort i det engelske UK Climate Change Programme (UKCIP 2001) hvor de sosioøkonomiske forutsetningene for klimascenariene bygger på framtidsscenarier utviklet under programmet "Foresight 2020"²². Disse legger imidlertid i stor grad til grunn de samme dimensjoner og antagelser som er benyttet i IPCCs scenarier²³.

²² <http://www.foresight.gov.uk>

²³ Scenariene er utviklet av SPRU, Science and Technology Policy Research, University of Sussex.

2 Klimaendringer, klima- effekter og konsekvenser

2.1 Hvorfor studere effekter av klimaendring?

Å forberede seg på klimaendringer kan bety mange ting, og i en viss forstand er slike forberedelser ikke noe nytt. I generasjoner har en på ulike vis forsøkt å gjøre samfunnet mindre sårbart overfor ekstreme værforhold. Mennesker har alltid søkt å finne tilpasninger for å dempe effektene av ekstremvær så vel som å utnytte de muligheter som ”gjennomsnittsværet” byr på. Flomsikring, bygningsforskrifter, utvikling av nye dyrknings- og driftsmetoder har alle et mer eller mindre implisitt element av klimatilpasning. Slike enkeltstående tiltak er imidlertid ikke ledd i noen overordnet strategi. Den kunnskapen vi allerede har om mulige framtidige klimaendringer, tilsier en mer sammensatt tilnærming med behov for å fokusere på effektene av det *samtidige* samvirket mellom flere klimavariabler (Harvold et al 2004).

Klimaendringer vil kunne få avgjørende innvirkning på livsbetingelser og utbredelsesgrenser for plante- og dyreliv i norske områder. Naturgrunnlaget vil kunne bli endret og gi både positive og negative effekter for næringsutvikling og bosetting. Ressursbaserte næringer som jordbruk, skogbruk, fiske og fiskeoppdrett er alle sårbare for klimahendelser – særlig de som utløses av ekstremsituasjoner – samtidig som endrede klimaforhold på lengre sikt vil kunne gi nye vekst- og driftsbetingelser. I mange deler av landet vil imidlertid både næringsliv og bosetting operere under marginale vilkår, og klimaeffektene vil komme i tillegg til andre faktorer som gjør næringer og områder sosioøkonomisk sårbare. Effekter av klimaendring vil kunne bidra til å forsterke slike endringskrefter i negativ eller positiv retning. Det etterfølgende avsnittet viser noen

enkle eksempler på hvordan virkninger av endringer i klimaet kan føre til økonomiske, sosiale og velferdsmessige effekter.

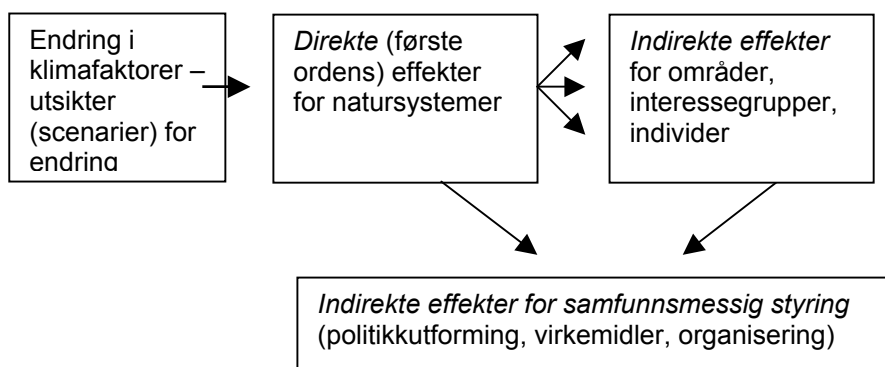
Nylig gjennomførte studier i forskningsprogrammet "Regional utvikling" (REGUT) viser klare forskjeller og ubalanser mellom norske regioner med hensyn til deres sosiale, økonomiske og demografiske utviklingspotensial (Onsager og Selstad red. 2004). Enkelte regioner er mer enn andre utsatt for forandringer i eksterne rammevilkår og drivkrefter som for eksempel globale markedspriser og internasjonale reguleringer (WTO) så vel som nasjonal politikk og virkemidler. De ressursbaserte og klimautsatte sektorene utgjør en avgjørende økonomisk basis i de områder i landet hvor det er forventet at klimaeffektene vil kunne ramme hardest.

2.2 Effekter av klimaendringer – drivkrefter og årsakskjeder

De grunnleggende drivkreftene bak mulige klimaendringer er endringer i atmosfærisk forekomst og konsentrasjon av drivhusgasser, aerosoler og naturlig strålingspådriv fra sola. Disse drivkreftene gir opphav til et endringspress på tilstanden for et sett av *klimaparametere* eller samvirket mellom disse. Med klimaparametere mener vi fysiske påvirkningskrefter som temperatur, nedbør, vind, havnivå, skydekke osv. Klimaparametrene vil ha en naturlig variasjon mht. frekvens og intensitet i form av variasjon over tid (dag, måned, år) og hyppighet av ekstreme forhold, dvs. situasjoner hvor parameterverdiene overstiger det som oppfattes som en "normal" situasjon på det aktuelle stedet, for eksempel en vind av orkans styrke i innlandet.

Klimaparametrene påvirker våre fysiske og økologiske omgivelser. Endringer i våre omgivelser vil deretter kunne påvirke våre sosioøkonomiske (menneskeskapte) systemer gjennom en kjede av *direkte, avledede* og *indirekte* effekter som vist i prinsipp i figur 2.1.

Figur 2.1 *Effektkjede – prinsippskisse av direkte og indirekte klimaeffekter*



De direkte effektene av endringer i klimaparametrene er deres påvirkning på natursystemene²⁴. Disse gir i sin tur et sett av avledede, indirekte effekter. Natursystemene vil kunne påvirke hverandre; endringer i ett system kan utløse endringsprosesser i ett eller flere andre systemer. Endringer i natursystemene kan ha større eller mindre effekter for forskjellige samfunnsmessige systemer. Effekter som påvirker samfunnsmessige forhold kan kategoriseres på flere måter, for eksempel

- Effekter som påvirker økonomisk aktivitet, effektivitet og fordelingsmessige forhold
- Effekter som påvirker samfunnets materielle struktur (infrastruktur)
- Effekter som påvirker velferd, sosiale forhold og levekår
- Effekter som påvirker helse og livskvalitet
- Effekter som påvirker opplevelsesmessige og kulturelle forhold

En komplett effektkjede – en full oversikt over årsaker (drivkrefter) og langsiktige virkninger – lar seg ikke konstruere for et komplekst fenomen som klimasystemet, som i seg selv ofte beskrives som et "kaos", dvs. et ustabil, ikke-lineært, og i et langsiktig perspektiv,

²⁴ Helt allment kan et system defineres som et sett av objekter/enheter med innbyrdes samband og avhengighet. En modell er en forenklet fremstilling av et system. Vi kommer nærmere tilbake til definisjoner av begrepene *modell* og *system* i kapittel 3.

upredikerbart system styrt av sammensatte og uoversiktlige feedbackprosesser (Weart 2004).

I en samfunnsvitenskapelig sammenheng er effekter av klimaendringer først og fremst interessant i forhold til samfunnets reaksjoner på de effekter som oppstår. Hvilke responsmekanismer utløses, hvilke egenskaper ved klimasystemet retter de seg mot og hvilke konsekvenser vil de ha for samfunn og individer? Det blir med andre ord naturlig å skille mellom effekter og konsekvenser. Konsekvenser oppstår når effekter får betydning for noe eller noen, dvs. for et geografisk område, en befolkningsgruppe, en næring osv. Konsekvenser av klimaeffekter vil ofte være forskjellig for ulike grupper og interesser og berører spørsmål om fordelingsmessige virkninger av goder og ulemper som følge av klimaendring.

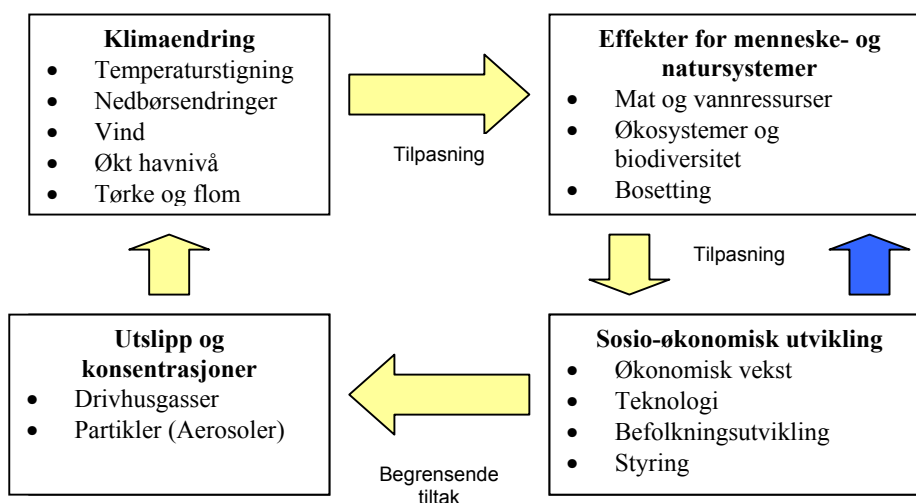
2.2.1 Klimapolitikk: utslippsreduksjon og tilpasning

Vurdering og evaluering av effekters konsekvenser vil være det kunnskapmessige grunnlaget for utforming av samfunnets respons på observerte eller prognostiserte klimaendringer. Responsen kan enten være tiltak for å redusere eller reversere de prosesser som bidrar til menneskeskapt klimaendring – primært tiltak for å redusere utslipp av drivhusgasser – eller det kan være tiltak for å avbøte de skader som oppstår eller strategier for at samfunnet skal tilpasse seg de endringer som er i gang. Dette må betraktes som to politisk sett vesensforskjellige policyprosesser (men som likevel ikke bør ses uavhengig av hverandre).

Klimapanelet har utviklet en begrepsmodell ("conceptual modell") for en integrert analyse av menneskeskapt klimaendringer. Modellen illustrerer hvordan sosioøkonomisk utvikling og klimaendringer gjensidig påvirker hverandre og gir effekter for menneskesystemer og natursystemer (ICCP 2002a). De gule pilene i figuren på neste side viser kjeden av årsaker og virkninger, den blå viser samfunnets respons på de endringer som skjer.

Den samfunnsmessige responsen på klimaendringene vil omfatte både det som skjer i forhold til å tilpasse seg klimaendringene (tilpasninger) og de tiltak som iverksettes for å redusere utslippene av drivhusgasser og partikler til atmosfæren, for eksempel som nasjonale forpliktelser under Kyotoavtalen. De to policyområdene gir opphav til to ulike tradisjoner av klimaeffektstudier, på engelsk betegnet som henholdsvis "adapation" (tilpasning) og "mitigation" (avbøtende tiltak = utslippsreduksjon).

Figur 2.2 Klimapanelets integrerte klimaeffektmodell (IPCC 2002a:40)



2.3 To tradisjoner: Effektstudier og tilpasningsstudier

Effektstudier ("impact studies") har som formål å undersøke hvordan og i hvilken grad endringer i klima har påvirket eller vil kunne påvirke forhold i natur- og menneskesystemer. Hensikten er å avdekke kausale forhold, dvs. hvordan virkninger av klimaendringer kan knyttes til en eller flere bakenforliggende, utløsende årsaker, dvs. egenskaper ved klimasystemet, slik det er vist i prinsipp i figur 2.1 foran. En effektstudie har likhetstrekk med en miljøkonsekvensutredning (*Environmental Impact Assessment, EIA*): Formålet er å finne ut hvordan og i hvilket omfang klimaendringer vil ramme ulike natur- og samfunnssystemer. Et sentralt spørsmål blir i hvilken grad klimaendringer fører til skade på natur og mennesker og hvem som blir skadelidende, dvs. som vil bære kostnadene. Og motsatt: i hvilken grad vil klimaendringer kunne gi positive virkninger, og hvem vil høste fordelene av dem?

Effektstudier danner grunnlag for modellering av naturlige og samfunnsmessige prosesser som påvirkes av klimaforhold og tar utgangspunktet i globale eller regionale klimascenarier. Modellene

kan ta for seg en enkelt sammenheng mellom en klimafaktor og et avgrenset natursystems respons på dette, eller modeller kan ha som siktemål å gå noen skritt lenger ut i årsaksvirkningskjeden, som illustrert foran. Modeller med denne høyere ambisjonen om å knytte sammen informasjon om effekter på naturlige og sosiale systemer, blir med en fellesbetegnelse gjerne referert til som *integrerte effektmodeller (Integrated Assessment Models, IAM)*.²⁵

En fullskala IAM for effekter av klimaendring vil omfatte (del)modeller som beskriver de naturlige, økonomiske og samfunnsmessige prosesser som er illustrert rent skjematisk i figur 2.2. Dvs. aktiviteter som gir opphav til endringene (= utslipp av drivhusgasser) og bestemmer den atmosfæriske konsentrasjonen av drivhusgassene, klimasystemets respons på endringene i konsentrasjon, samt miljømessige og sosioøkonomiske systemers respons på klimarelaterte endringer (IPCC 2001c: kap 2.4). Det er umiddelbart innlysende at dette er en meget kompleks oppgave som det knytter seg en rekke metodologiske og kunnskapsmessige utfordringer til.

Tilpasningsstudier ("adaptation studies") har som siktemål å finne fram til hvordan samfunnet mest sikkert og effektivt kan tilpasse seg de klimaendringene som allerede er observert eller som de globale klimascenariene indikerer vil kunne komme. Klimapanelet definerer tilpasning som "tilpasning i naturlige eller menneskeskapte systemer som svar på aktuelle eller forventede klimastimuli eller deres effekter, og som demper skader eller utnytter fordelaktige muligheter" (vår oversettelse etter Burton et al 2002). En tilsvarende definisjon gis av Adger et al. (2004:34) som beskriver tilpasning som "justeringer i et systems atferd og karakteristika som letter dets evne til å håndtere eksterne stressfaktorer".²⁶

Tilpasning er derfor både en tilstand og en prosess. Tilpasning dreier seg både om et systems sårbarhet, dets evne til å tilpasse seg og utvikle strategier for å redusere dets *sårbarhet* ("vulnerability") for klimaendring.²⁷

²⁵ "These models attempt to integrate information by linking mathematical representations of different components of natural and social systems in a computer model" (Risbey et al 1996).

²⁶ "[A]djustments in a system's behaviour and characteristics that enhance its ability to cope with external stresses"

²⁷ "[A]djustment in natural or human systems in response to actual or expected climatic stimuli or their effects, which moderates harm or exploits beneficial opportunities". Definisjonen av "adaptation" fra IPCC Working

2.3.1 Et policyskift fra utslippsreduksjon til tilpasning

Klimaeffektforskning har til nå i stor grad vært rettet mot vilkår og begrensninger for utforming av politikk og tiltak for å redusere utslipp (IPCC 2001c:25). Det er etter hvert oppnådd bred vitenskapelig enighet om at dagens konsentrasjon av drivhusgasser i atmosfæren, selv ved stabilisering av utslippene på dagens nivå, vil gi uunngåelige, meget langsiktige effekter. Det globale klimaet vil for mange decennier være bestemt av en kombinasjon av tidligere utslipp, klimaets følsomhet for nye utslipp og dets naturlige variabilitet (Adger et al 2004:42). Forpliktende tiltak for å redusere utslipp i henhold til Kyotoprotokollen vil på langt nær være et tilstrekkelig mottrekk for å møte de langsiktige effektene av klimaendringene. Gradvis har det vokst fram en forståelse for behovet for å utforme politikk, virkemidler og tiltak for hvordan samfunnet skal tilpasse seg de langsiktige effektene som vil oppstå. Flere forfattere har omtalt dette som et skifte fra ”første generasjons” scenariestyrt effektstudier til ”annen generasjons” tilpasningsstudier med fokus på systemers *sårbarhet* (”vulnerability”) for klimautløste hendelser og samfunnsmessige og institusjonelle barrierer for tilpasning til klimaendring (O’Brien et al 2004; Burton et al 2002; Clark et al 2000).

Siden klimaendringer og deres effekter vil oppvise betydelige regionale variasjoner, må utforming av politikk og virkemidler tilpasses ulike sosioøkonomiske og sektorspesifikke kontekster. Studier av sårbarhet og tilpasning vil med andre ord med nødvendighet måtte ha et ”lokalt” perspektiv – dvs. ta for seg områder eller sektorer hvor klimatiske og sosioøkonomiske forhold lar seg bestemme med relativt stor grad av detaljering. Det peker mot at slike studier i stor grad må ta utgangspunkt i eksisterende og historiske forhold og situasjoner.

I norsk sammenheng – med store variasjoner i så vel klimatiske som næringsmessige og demografiske forhold – er det mye som taler for å legge vekt på studier av sårbarhet for ulike regioner og/eller særlig klimautsatte økonomiske sektorer. Noen slike studier er gjennomført i samarbeid mellom NIBR og CICERO, men med ganske grove

Group II (“Impacts, Adaption and Vulnerability”) er nesten identisk: ”.. adjustment in natural and human systems in response to experienced or future climatic conditions or their effects or impacts – which may be beneficial or adverse” (Chapter 18: 882).

indikatorer på sårbarhet på et høyt aggregert nivå (O'Brien et al 2003). I motsetning til studier av *målbare* effekter av klimaendringer, dreier sårbarhetsstudier seg om å kartlegge betydningen av klimaet (i form av indikatorer for kritiske parametere) for driftsvilkår og produksjon i særlig klimautsatte næringer som landbruk, turisme, fiskeoppdrett/havbruk. Sårbarhetsbegrepet omfatter ikke bare betydningen av direkte klimatisk påvirkning, men må også knyttes til de enkelte områdenes (regionenes) og næringenes økonomiske og sosiale forutsetninger og deres institusjonelle kapasitet og beredskap for å takle denne typen utfordringer.

3 Analyser av klimaeffekter

Dette kapitlet har som formål å gi et kortfattet og oversiktlig riss av den metodiske tilnærmingen til studier av klimaeffekter på natur og samfunn. Slike studier har et meget vidt spenn og favner over en rekke naturvitenskapelige fagområder, teknologistudier så vel som anvendt samfunnsvitenskap. Som omtalt i kapittel 2, er oppgaven i slike studier, kort fortalt, å utvikle modeller for å *simulere* – og i de mest ambisiøse tilnærmingene også å *beregne* – klimaendringenes effekter på geofysiske og økologiske forhold, og – i en videre sammenheng – hvordan dette påvirker økonomiske og samfunnsmessige forhold.²⁸

Siden NIBR ikke har til hensikt å gå inn i modellutvikling med sikte på å utvikle rene effektstudier – en utdyping av grunnene til dette kommer i et senere avsnitt – blir derfor framstillingen forholdsvis generell og skjematisk.

3.1 Årsak-virkningskjeder – en grunnleggende modell

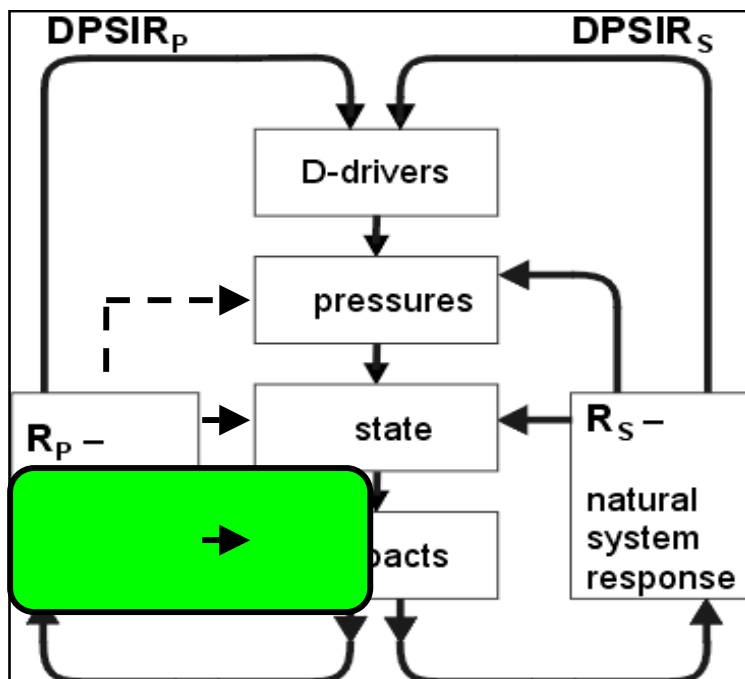
Vi tar IPCCs generelle modell ("conceptual framework") for sammenhengen mellom sosioøkonomisk utvikling, utslipp av klimagasser, globale endringer i kritiske klimaparametere, deres effekter på natur- og menneskesystemer samt samfunnets respons på disse (jfr. figur 2.2) som utgangspunkt. For å kunne utvikle modeller for konkrete, målbare samfunnsmessige effekter, er det imidlertid nødvendig med betydelig detaljering i forhold til det aktuelle forholdet som skal undersøkes. Så vel inputsiden, dvs. klimaparametrene, som outputsiden, i vårt tilfelle de samfunnsmessige effektene, må spesifiseres. Det samme gjelder for tilbakeføringsmekanismene, dvs.

²⁸ Et typisk eksempel kan være NIVAs utvikling av en integrert modell "...to simulate hydrology and water quality at present climate and use this model to simulate possible effects of various climate change scenarios on the same river-fjord system" (Kaste et al 2004)

det som vil kunne være uttrykk for samfunnsmessig respons (feedback) på modellens forutsigelser (output).

Dette poenget illustreres best ved å se på en mer detaljert modell av klimaeffektene, deres samfunnsmessige konsekvenser og respons, slik som i den såkalte *Driver-Pressure-State-Impact-Response* (DPSIR)-modellen vist i figur 3.1 på neste side.²⁹

Figur 3.1 *DPSIR - modellen*



DPSIR – modellen illustrerer skjematisk hvordan systemer i naturen og i samfunnet spiller sammen både når de produserer og når de responderer på miljøproblemer i vid forstand. Den sentrale stammen i modellen viser påvirkningene på og endringene i (miljø)systemet gjennom fire stadier i denne endringsprosessen. Eksterne *drivkrefter* –

²⁹ DPSIR modellen brukes innen EU (for eksempel i European Environment Agency, EEA) som en videreutvikling av OECDs Pressure-State-Response (PSR) modell, utviklet på 1970-tallet for miljøovervåking og -rapportering. Utformingen vist her er hentet fra European Statistical Laboratory (<http://esl.jrc.it/envind/theory/handbook>).

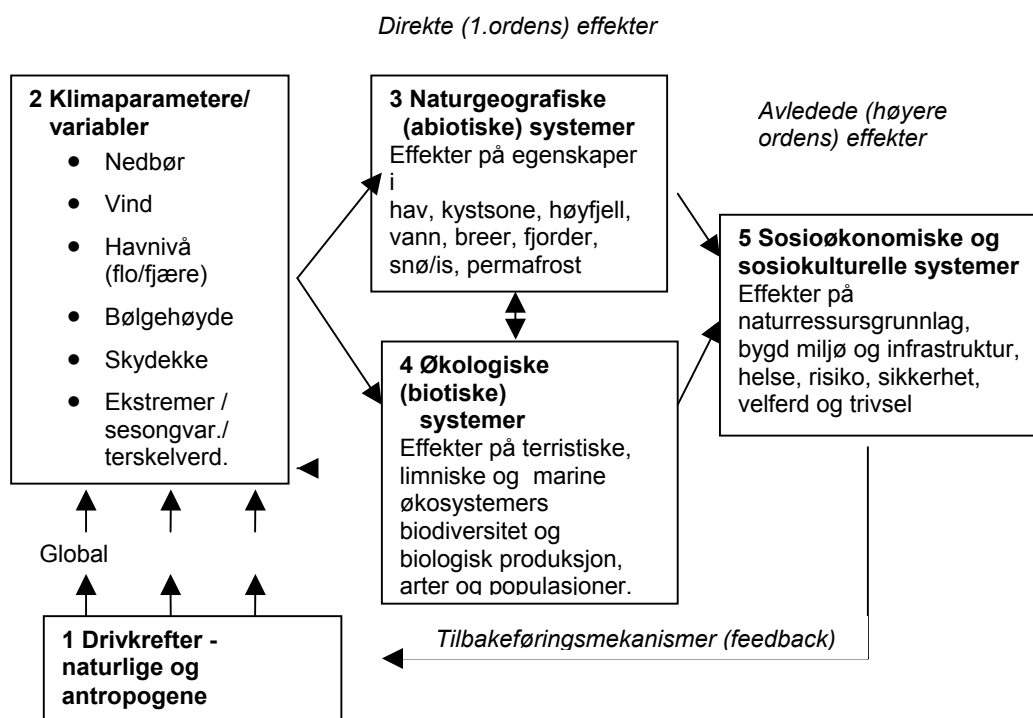
i klimasystemet de forhold som fører til økt konsentrasjon av klimagasser i atmosfæren – gir opphav til *press* – først og fremst temperaturøkning – som endrer klimasystemets *tilstand*, for eksempel endret nedbørsfordeling. Endringer i tilstanden vil kunne føre til et sett av *virksomheter* (effekter) som kan påvirke natursystemer og/eller menneskeskapt systemer. Virkningene på disse (del)systemene kan i sin tur gi opphav til *respons* (feedback) fra systemet gjennom naturlige, sosiale, økonomiske eller politiske mekanismer, sterke eller svake, automatiske eller planlagte.

I forhold til klimapåvirkninger vil endringer kunne påvirke tilstanden i både naturlige og sosioøkonomiske systemer. For natursystemet vil responsen være en eller annen form for naturlig, automatisk tilpasning som i ulik grad vil gi tilbakeføringseffekter på forskjellige stadier i effektkjeden. Det sosioøkonomiske systemet vil imidlertid, i tillegg til automatisk respons, også ha evne til å handle planlagt, dvs. i form av overlagte tiltak, politikktutforming og bruk av virkemidler (*policy respons*). Denne formen for samfunnsmessig respons trenger ikke nødvendigvis være av offentlig, offisiell, eller institusjonell natur, men kan like gjerne være styrt av individuelle eller markedsorienterte beslutninger.

Den samfunnsmessige og/eller politiske responsen vil kunne være sammensatt og ikke bare rette seg mot de bakenforliggende drivkreftene (dvs. utslipp av drivhusgasser), men vil også være rettet mot å påvirke og korrigere på alle trinnene fra kontroll med drivkreftene til mottiltak mot de effekter som oppstår for natur og samfunn. DPSIR- modellen må med andre ord knyttes til konkrete natur- og menneskeskapt systemer som vil kunne bli påvirket av klimaendringer. I tillegg må effektkjeden (dvs. ”midtsøylen” i modellen) detaljeres og utvides slik at den omfatter både *direkte* og *indirekte* effekter av de klimaendringer som forventes å inntre (jfr. figur 2.2 foran).

Figur 3.2 viser et neste steg hvor de direkte effektene av klimapåvirkning skilles i forhold til effektene på henholdsvis fysiske (abiotiske) natursystemer, økologiske (biotiske) natursystemer og menneskesystemer (sosioøkonomiske/sosiokulturelle systemer).

Figur 3.2 Effekter av klimaendring for natursystemene og det sosioøkonomiske systemet



De grunnleggende drivkreftene bak mulige endringer i klimaparametrene vil være endringer i forekomst og konsentrasjon av drivhusgasser, aerosoler og strålingspådriv. Disse drivkreftene gir opphav til endringer i viktige klimaparametere, som eksemplifisert i boks 2 i figur 3.2. Dette er den globale klimaforskningens kjerneområde, nemlig å kartlegge å forklare sammenhengen mellom utslipp av drivhusgasser og partikler til atmosfæren og de effekter disse utslippene får for den globale gjennomsnittstemperaturen – og som i neste omgang vil påvirke klimaparametere som nedbør, vind, havnivå, polaris osv.

Klimaeffektene kan primært knyttes til to forskjellige typer natursystemer; *abiotiske*, eller ”døde” natursystemer og *økologiske*, *biotiske*, eller ”levende”) systemer.³⁰

³⁰ I NORKLIMA-programmet under Norges forskningsråd er dette nedfelt i fem forskningstemaer: 1 Forståelse av klimasystemet; 2 Utvikling av

Begge områdene representerer tradisjonelt rent naturvitenskapelige forskningsområder hvor kunnskapsutfordringene i forskningen primært har vært å studere klimaendringenes effekter på ulike elementer i systemene, som for eksempel hydrologiske systemer, økosystemer, flora og fauna. Slike studier har bare unntaksvis gått inn på de sosioøkonomiske effektene som vil kunne oppstå som følge av endringer i natursystemene. Kunnskap om de direkte effektene på natursystemene er imidlertid en helt nødvendig forutsetning for å utvikle integrerte effektmodeller, dvs. analysemodeller hvor klimavariabler blir knyttet sammen med variabler (indikatorer) som beskriver regionaløkonomisk og demografisk utvikling, og hvor siktemålet er å simulere (predikere) utviklingen på lang sikt.

Klimaendringer vil i noen tilfeller kunne ha direkte samfunnsmessige effekter, for eksempel den direkte virkning på bygninger og teknisk infrastruktur av økt ekstremvær, eller på folks helse og velferd som helseplager (eller sågar dødsfall) pga. en hettebølge. Langt de fleste samfunnsmessige virkningene vil imidlertid være i form av langsiktige, *avledede effekter* (høyere ordens effekter) av endringene i natursystemene. For eksempel vil endringer i produksjonsgrunnlaget for sterkt klimaavhengige næringer som jordbruk, skogbruk, fiske og fiskeoppdrett kunne føre både til nye produksjonsformer og til endringer i arbeidskraftbehov og sysselsetting både i positiv og negativ retning, med påfølgende effekter på bosettingsmønster og demografisk struktur i den aktuelle regionen.

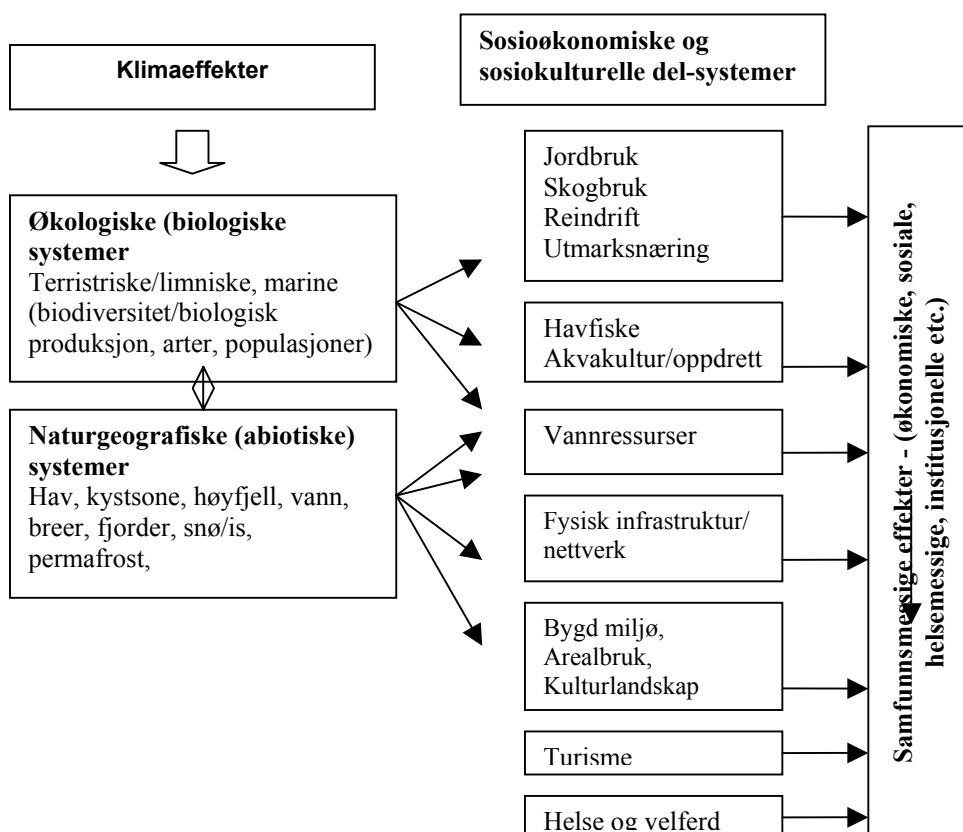
Den samfunnsmessige effektkjeden blir raskt både lang og sammensatt, og vil også ha en lang rekke tilbakeføringsmekanismer som følge av individers og samfunnets respons og reaksjoner på de effekter som oppstår. Å modellere langsiktige avledete effekter for å kunne simulere, predikere og beregne omfang og effekter, eventuelt også kostnader, av klimaeffekter er derfor en kompleks oppgave. Et helt avgjørende punkt vil være om det finnes god nok kunnskap om hvordan natursystemene faktisk blir påvirket av klimafaktorer og hvordan disse effektene kan utformes som *indikatorer* som kan danne input i modeller for beregning av samfunnsøkonomiske effekter.

Høyere ordens samfunnsmessige effekter av klimaendringer vil kunne oppstå innenfor et stort antall del-systemer som er med på å definere de samlede vilkår og betingelser for økonomisk produksjon, inntektsforhold, levekår og sosiokulturelle forhold. Økonomiske

regionale klimascenarier; 3 Effekter på abiotiske systemer; 4 Effekter på biotiske systemer; 5 Effekter på produksjon av produkter og tjenester fra biotiske systemer (jord- og skogbruk, fiske)

systemer og (lokal)samfunn som i avgjørende grad er avhengig av å utnytte biologiske naturressurser vil i større grad enn andre bli direkte berørt av klimaendringer. I tillegg er samfunnsmessig infrastruktur i mange tilfeller sårbar for ekstreme værforhold. Eksempler på noen slike samfunnssektorer er vist i figur 3.3 (neste side)

Figur 3.3 *Kopling mellom klimaeffekter og samfunnsmessige effekter*



I norsk sammenheng er alle de sektorene som er antydnet i figur 3.3 sentrale *policyområder* i distrikts- og næringspolitikken. Figuren fanger opp alle de økonomiske sektorer som Miljøverndepartementet i Norges bidrag til FNs *Framework Convention on Climate Change* (Miljøverndepartementet 2002: kap.6) anser som særlig sårbare for

klimaendringer.³¹ Hva figuren ikke viser – og som hele tiden vil være en overgripende ”støyfaktor” – er de faktorer og drivkrefter *utenfor* klimasystemet som påvirker tilstanden i de respektive sektorene. Utvikling av klimaeffektmodeller vil alltid stå overfor problemet med å ”isolere” klimaeffektene. Jo lenger ut i årsaksvirkningskjeden, jo mer komplekse sammenhenger, koplinger og tilbakeføringsmekanismer; jo lenger ut i kjeden, jo mer ”støy” fra andre samfunnsmessige drivkrefter enn klimafaktorer.

3.2 Effekter av klimaendringer

Dette avsnittet gir en oversiktlig eksemplifisering av noen av de effektene som den globale oppvarmingen med forskjellig grad av sannsynlighet vil føre til. For hvert enkelt av de policyområdene som er vist i figur 3.3 vil det ”stråle ut” et bredt knippe av effekter som vil være avhengig av de klimaparametrene som undersøkes, i tillegg til egenskaper ved den aktuelle sektoren eller det policyfeltet som står i fokus. Et gitt klimascenario vil gi ulike effekter for ulike sektorer. Det vil også være regionale variasjoner i hvordan en sektor eller et område eksponeres, hvor sensitivt det er for klimaendringer og dets kapasitet til å ta hånd om negative effekter, eller evne til å utnytte de positive.

Det etterfølgende avsnittet skisserer en ytterligere detaljering av årsaksvirkningskjeden med særlig vekt på klimautsatte, ressursbaserte næringer så som jordbruk, skogbruk, reindrift, utmarksnæring og fiske. I praksis vil en klimaeffektmodell for en enkelte næring være et eget prosjekt. Den ”grunnmodellen” som er antydnet nedenfor er bare ment som en illustrasjon av hvilke elementer en effektmodell må omfatte.

3.2.1 En ”grunnmodell”

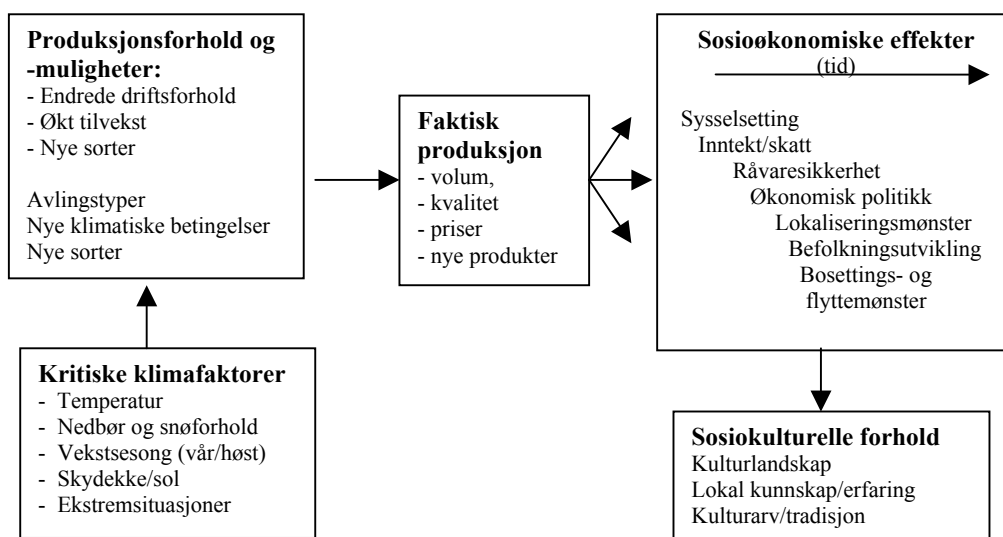
I ulike deler av landet vil det være store forskjeller i sammensetningen av naturressursbaserte næringer, næringenes betydning for regionens økonomi og potensielle effekter av klimaendringer i denne sammenheng. Det er likevel en del fellestrekk ved de naturressursbaserte næringene som produksjonssektorer, som indikert i figur 3.4 (neste side) for *skogbruksnæringen*.

³¹ Alle disse sektorene inngår også – eksplisitt eller implisitt – i den samfunnsvitenskapelige delen i NORKLIMA – programmet (Tema B: ”Økonomiske effekter av klimaendringer på økonomiske sektorer”).

Variasjoner i klimaparametere vil påvirke produksjonsgrunnlag og -muligheter. På hvilken måte og i hvilket omfang, om det vil skje i negativ eller positiv retning i forhold til dagens situasjon, vil avhenge av mange forhold: hva slags produksjon det gjelder, hvor sårbar dagens produksjonsgrunnlag er for endring i klimatiske vilkår, og hvilke muligheter, kompetanse og kapasitet dagens produksjonssystem har for omstilling og tilpasning til nye forhold. Effekter vil oppstå både på kort og lang sikt. Noen effekter vil være direkte, for eksempel ved at sysselsettings- og inntektsforhold endrer seg. Andre vil være indirekte ved at endringer i næringsgrunnlag og sysselsettingsmulighetene på lengre sikt kan føre til endringer i bosettingsmønstre og befolkningsutvikling.

Dette vil i sin tur kunne ha sosiale og kulturelle effekter ved at for eksempel tradisjonelle næringer forsvinner, endres eller erstattes av annet næringsgrunnlag. Jo lenger ut i – både i årsakskjeden og i tid – jo mer kompliserte og sammensatte vil effektene bli, og jo vanskeligere vil det være å knytte observerte endringer til enkle årsaksparametere. I figuren er det ikke vist hvordan kollektiv (politisk) og individuell respons på de endringer som inntreffer vil kunne skape tilbakeføringsmekanismer (feedback) i form av tilpasnings- og mottiltak i forhold til drivkrefter (utslipp) og effekter.

Figur 3.4 *Prinsippskisse for kopling mellom (kritiske) klimafaktorer, produksjonsforhold og effektindikatorer i skogbruksnæringen*



3.2.2 Noen eksempler på klimaeffekter

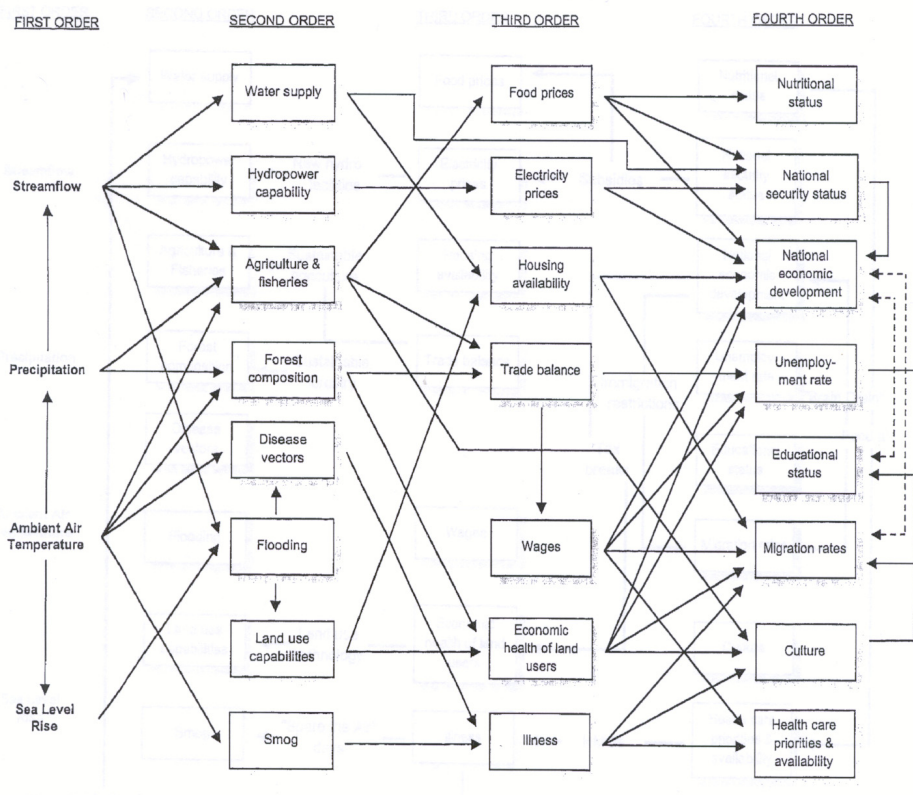
Eksempel på en detaljert modell for vannressurser

Vann er både en energiressurs, en innsats- eller nødvendighetsvare, men – samtidig – også en årsak til dramatiske hendelser og naturkatastrofer. Vann som ressurs har berøringsflate til flere politikkområder, og effekter av klimaendringer vil likeledes ha betydning for flere områder. Forskjellige ”vannsystemer”, eller deler av dem, vil berøres ulikt av klimatiske endringer. Positive effekter, som mer vann i magasinene, vil måtte avveies mot negative effekter som skyldes hyppigere forekomst av ekstremisituasjoner med økt eller redusert nedbør, økt flomfare eller tørke med virkninger for nedbøravhengig produksjon, for bygde omgivelser og områder som er utsatte eller sårbare for flom og ras.

Figur 3.5 viser en langt utviklet modell (Chalecki & Gleick 1999) for hvordan vann som innsatsfaktor i en rekke forskjellige sektorer vil bli påvirket av klimaendringer (første ordens geofysiske effekter), og hvordan disse på kort og lang sikt vil kunne føre til endringer i

naturesystemene (2. ordens biofysiske, biologiske og økologiske effekter), som deretter vil kunne gi økonomiske, helsemessige og sosiale og kulturelle effekter av høyere orden. Forfatterne presenterer dette, ikke som en komplett klimaeffektmodell, men som et tenkesett for hvordan årsak-virkningsforhold på dette policyfeltet kan fremstilles som forenklete kausale samband (Chalecki & Gleick 1999: 1659).

Figur 3.5 Effektkjede ("Climate Change Framework") for vannressurser (Chalecki & Gleick 1999)³²



På tilsvarende måte kan det utvikles mer eller mindre omfattende og detaljerte effektmodeller for andre sektorer som en kan anta vil bli påvirket av (lokale eller regionale) endringer i klimaforholdene.

³² Heltrukne linjer indikerer direkte effekter fra én orden til neste, mens de stiplede linjene indikerer en "tilbakeslagseffekt" ("recursive effect"; Chalecki & Gleick 1999: 1658).

Vedlegg 1 viser noen prinsippmodeller for de policyfeltene som er omtalt nedenfor.

Fysisk infrastruktur og arealbruk

Klimaendringenes effekter på bygninger og fysisk infrastruktur (anlegg, konstruksjoner, nettverk og kommunikasjonssystemer) vil både være påvirket av hyppigheten av ekstremisituasjoner for vind og nedbør (særlig i kombinasjon) og langtidseffekter av temperaturendring og nedbør (for eksempel slagregn, soppangrep, skadedyr). Skader på grunn av slike forhold vil slå ut i form av økte kostnader til nyanlegg, utbedring og vedlikehold. Flere naturskader gir flere skader og tap av liv med økte forsikringsutbetalinger og -premier.

For forsyningsnettverk (strøm og teletjenester) og transportsystemet vil avbrudd pga. dårlig vær gi som direkte effekter redusert regularitet og økte driftskostnader. Langtidseffekter – permanente eller hyppige driftsproblemer med tilsvarende høye kostnader – vil kunne påvirke folks boligpreferanser og bosettingsmønster med tilsvarende (langsiktige) ringvirkninger.

Turisme

Visse typer turisme – kanskje mest typisk vinterturisme – er meget væravhengig. Det er derfor naturlig å skille mellom effekter for sommer- og vintersesongen. Særlig for vintersesongen kan sesongens lengde med tilfredsstillende forhold (snømengde, temperatur, sol osv.) forventes å gi store utslag for turiststedenes attraktivitet og besøkstall. Ulike former for friluftsliv vil i forskjellig grad være sårbart for klimaendringer, for eksempel fjellturisme sammenliknet med badeliv. Den lokale/regionale kontekst vil derfor være klart utslagsgivende. På lenger sikt vil utviklingen (forverrede eller forbedrede forhold) kunne påvirke lokalt næringsgrunnlag og befolkningsutvikling/bosettingsmønster, eventuelt også folks feriepreferanser og reisevaner.

Helse

Direkte helseeffekter av klimaendringer vil neppe være særlig framtreddende i Norge. Helse er for eksempel ikke nevnt i Norges siste rapport til klimakonvensjonen (Miljøverndepartementet 2002) i motsetning til i Sveriges bidrag (Regeringsproposition, Ds 2001:71).

Klimaendringer vil imidlertid kunne påvirke folks helse (og helsesektoren) direkte gjennom sykdommer og/eller helseproblemer framkalt av økt varme/kulde eller gjennom at nye sykdomsbærere

(vektorer) får bedre vilkår for spredning (f.eks. flott). Ikke minst vil den globale klimautviklingen kunne føre til at til nå eksotiske smittebærere og sykdommer kan få fotfeste i kaldere klimaer (for eksempel malaria). Som følge av temperaturøkningen kan vekster som gir opphav til allergi få økt utbredelse.

Flere tilstander med ekstreme værforhold vil kunne gi flere ulykker med dødsfall og alvorlig personskade. Generell forverring av lokale klimaforhold kan tenkes å gjøre folk mer ”værsjuke”, dvs. ha negative effekter for livskvalitet og (mental) trivsel. I de større byene kan endringer i temperaturforholdene gi helseeffekter pga. økt (lokal) luftforurensning. I kystsonen kan økt algeoppblomstring gi redusert vannkvalitet og påfølgende sykdomseffekter ved bading og/eller konsum av fisk og sjømat.

Effekter for offentlig sektor og næringslivet

Effekten av klimaendringer for offentlig sektor vil både være direkte og indirekte. De vil være direkte for de offentlige institusjoner og ansvarsområder som utsettes for klimaendring på linje med andre sektorer som indikert ovenfor. Dette vil gjelde offentlig service- og tjenesteyting innenfor sektorer som transport og helse, kommunal planlegging, bolig- og næringspolitikk.

Utfordringen for offentlig sektor ligger først og fremst i dens rolle som ansvarlig for å *respondere* på de *politiske* utfordringene klimaendringene representerer³³. Slik respons kan være *proaktiv*, dvs. planlagt i forhold til hendelser som er forutsett, eller den kan være *reaktiv*, dvs. i form utbedring, reparasjon og/eller ulike kompensasjonstiltak i forhold til oppståtte skader i etterkant. Det er det politiske systemet som vil være ansvarlig for å etablere de *feedbackmekanismer* som er antydnet i figurene 2.2 og 3.1. Å opprette systemer for rask og effektiv respons vil omfatte både tiltak for å redusere utslipp av drivhusgasser og for best mulig tilpasning til de klimaendringer som allerede er i gang.

3.3 Indikatorer

Kort definert er indikatorer ”størrelser som skal indikere noe” (NOU 2005:5). Mer presist kan en indikator forstås som en ”størrelse som gir viktig informasjon om egenskaper ved et fenomen eller objekt med

³³ Politikk her forstått i vid forstand som lovgivning, politikktutforming, handlingsstrategier, virkemidler, institusjonsbygging og organisering

utgangspunkt i et analytisk spørsmål” (Farsund og Johansen 1997:93). En indikator er et instrument som kan gi viktig informasjon om et systems tilstand, egenskaper og effekter som en beslutningsfatter kan gjøre bruk av for å påvirke, endre eller styre systemet. I dette ligger det at en indikator ikke opplyser om det ”fulle bildet”, men gir utvalgt, tilrettelagt informasjon basert på observasjon og bearbeiding av data om det aktuelle systemet. Det betyr at en indikator for å kunne fungere effektivt må være *policyrelevant*. Den må kunne gi en vurdering av systemets status og utviklingsretning i forhold til et sett av mål eller verdikriterier, den må kunne være enkel å forstå og stabil slik at endringer kan følges over tid.

Å beregne og sammenlikne effekter av klimaendring på globale, nasjonalt og regionalt nivå krever et sett av enkle, lett identifiserbare og målbare indikatorer (O’Brien et al 2003). Årsak-virkningskjeden må altså kunne operasjonaliseres som et sett indikatorer egnet til å utforme både kortsiktig og langsiktig samfunnsmessig respons. DPSIR – modellen (figur 3.1) er et godt utgangspunkt for dette.

Modellens fem faser og tilhørende tilbakeføringsløyper gir grunnlag for klart definerte kategorier av indikatorer for respons i forhold til bakenforliggende drivkrefter, deres effekter og samfunnsmessige tiltak, dvs. utfordring av klimapolitikk, strategier og virkemidler. Dette kan være tiltak rettet mot de bakenforliggende drivkreftene, dvs. tiltak for å redusere utslipp av drivhusgasser (en ”lang” feedbackløype), eller det kan være tiltak for å tilpasse samfunnet til effektene av de klimaendringer som vil oppstå (en eller flere ”korte” sløyfer). DPSIR-modellen er opphav til følgende fem kategorier av indikatorer for utformingen av klimapolitikk og -tiltak (EETIP 1999).

Drivkraftindikatorer (“Drivers”) kan karakteriseres som indikatorer på de ”tunge trender” som ligger bak prosesser som fører til utslipp av drivhusgasser. Drivkraftindikatorer peker mot forhold som er tungt påvirkelige og responsive for politiske tiltak bare i et langt tidsperspektiv. Drivkraftindikatorerne skal være egnet til utforming av den *generelle* klimapolitikken, for eksempel det som følger av Norges forpliktelser i forhold til internasjonale utslipps- og klimaavtaler (Kyotoavtalen). Det vil være indikatorer som fanger opp de underliggende økonomiske, demografiske og sosiale prosesser som driver fram utslipp av drivhusgasser, på linje med de grunnleggende dimensjonene i IPPCs utslippsscenarier. Eksempler er indikatorer for inntekt og forbruk (BNP per capita), energiforbruk, befolkningsvekst og folks generelle holdninger til miljøspørsmål.

Påvirkningsindikatorer ("Pressures") vil være indikatorer som peker direkte mot årsakene til et gitt klimaproblem og som spesifiserer de områder/sektorer som blir påvirket. Påvirkningsindikatorer utledes direkte av drivkraftindikatorene. Påvirkningsindikatorer bør være utformet på en måte som gir grunnlag for utforming, oppfølging og evaluering av tiltak og virkemidler på de aktuelle sektorer. I klimasammenheng er de mest aktuelle påvirkningsindikatorene de som forårsaker økt drivhuseffekt, dvs. indikatorer for utslipp av drivhusgasser, for eksempel i henhold til IPCCs retningslinjer for beregning og rapportering av nasjonale utslipp ("Greenhouse Gas Inventories", jfr. Miljøverndepartementet 2002:19-23).

Statusindikatorer ("State") viser dagens situasjon, dvs. tilstand, utviklingstrender og -hastighet for geofysiske (abiotiske), økologiske (biotiske) og sosioøkonomiske forhold som overvåkes i forhold til mulige effekter som følge av endringer i klimaparameterne. Statusindikatorer gir signaler om de endringsprosesser som i utgangspunktet er usikre og langsomme og derfor ikke særlig godt egnet som grunnlag for policybeslutninger.

Effektindikatorer ("Impacts") beskriver effektene (endringene) forårsaket av de aktuelle påvirkningsindikatorene på tilstanden (status). Effekter kan være direkte eller indirekte, enkle eller sammensatte og vil vanligvis være knyttet sammen i mer eller mindre komplekse årsakskjeder som illustrert i foregående avsnitt. Påvirkningsindikatorer og effektindikatorer er nært koplet og danner sammen grunnlag for utforming av politikk og virkemidler og samt og evaluering av tiltaks og virkemidlers effektivitet og fordelingsvirkninger. Effektindikatorer vil typisk være rettet mot de spesifikke policyområder og -sektorer hvor klimaendringene medfører konsekvenser for samfunnsinteresser, næringer og befolkningsgrupper. Den store graden av usikkerhet i klimascenariene, den betydelige tidsforsinkelsen fra faktisk utslipp til registrerte effekter og de komplekse økologiske og sosiale sammenhenger effektene inngår i gjør at effektindikatorer er "langsomme". Slike indikatorer registrerer virkninger "ex post", ofte for sent i forhold til hva som kunne ha vært effektive mottiltak i utgangspunktet. Kompleksiteten i klimasystemet gjør også at effektindikatorer vil være beheftet med betydelig usikkerhet mht. modellering, simulering og tallfesting. I tillegg kommer de generelle metodiske problemer med å isolere effekter av ett enkelt årsaks-virkningsforhold i komplekse sammenhenger.

Responsindikatorer ("Response") er knyttet til tilbakeføringsløyene (feedbacklenkene) i DPSIR-modellen. Indikatorene beskriver samfunnets og private aktørers handlinger – individuelle reaksjoner,

samfunnsmessige tiltak og virkemidler – som oppstår i møtet med klimaendringene, dvs. hva som blir gjort for å forhindre eller redusere virkningene av negative effekter og utnytte eventuelle positive effekter. Hvor effektive responsindikatorer er, vil avhenge av hvordan aktuelle tiltak påvirker de bakenforliggende drivkreftene og påvirkningsfaktorene, og som – over tid – vil kunne registreres som endring i status- og effektindikatorer. Dette vil gjelde respons i begge de to tilbakeføringsløyene i modellen; både tiltak som sikter mot å påvirke de grunnleggende drivkreftene bak klimaendringene, utslippene av drivhusgasser, og den type respons som primært er rettet mot å tilpasse seg de endringene som allerede er i gang.³⁴ Vi kan snakke om ”lange” og ”korte” tilbakeføringsløyer fordi tidsaspektet i forhold til effektene av tiltak er meget forskjellig i de to tilfellene.

3.3.1 Klimaendringer og bærekraft

Et samfunns tilpasningsevne til klimaendring vil være sterkt avhengig av samfunnets utviklingsnivå og -ressurser. For mange samfunn vil negative effekter av klimaendringer ikke skille seg fra effekter av mer allmenne sosioøkonomiske prosesser som fører med seg økologisk og sosialt press. Klimautviklingen vil i samfunn med liten evne eller få ressurser til mottiltak kunne forsterke sosial og økologisk degradering.

Spørsmålet om tilpasningsevne til klimaendring har derfor nær sammenheng med mål om bærekraftig utvikling (Adger et al 2004:35, Tompkins & Adger 2003, Smit & Pilifosova 2001:899). I følge Tompkins & Adger (2003) har imidlertid koblingen mellom effekter av klimaendring og mer allmenne utviklingsspørsmål langt på vei vært oversett eller neglisjert i klimadiskusjonen. I utviklingssammenheng vil det være naturlig å se definisjon og valg av klimaeffektindikatorer i lys av den bredere diskusjonen av indikatorer for miljømessig, institusjonell og sosial bærekraft og fordelingsmessig likhet og rettferdighet.

Dette tilsier at utforming av indikatorer for påvirkning (pressures), overvåkning (status) og effekter (impacts) bør reflektere de sentrale elementene i bærekraftbegrepet. Indikatorer bør samlet dekke både de miljømessige, økonomiske, sosiale, demografiske og institusjonelle aspekter ved bærekraftig utvikling. Miljøalliansens og NIBRs arbeid med ”Bærekraftbarometer for norske byer” (Nenseth 2003) er et

³⁴ Kapittel 4 (og vedlegg C) i Norges rapport til UNFCCC (Miljøverndepartementet 2002) er et eksempel på bruk av et bredt knippe responsindikatorer i forhold til norske tiltak for reduksjon i utslipp av drivhusgasser.

eksempel på et utviklingsarbeid i denne retningen. En rekke internasjonale institusjoner (FN, OECD, EU, Nordisk ministerråd) er opptatt av å utvikle indikatorsett for miljøovervåking og bærekraftig utvikling. Systemene og utviklingsarbeidet er imidlertid bare i liten grad samordnet, selv om de inneholder mange av de samme typene indikatorer (NOU 2005:5).

3.4 Noen faglige og metodiske utfordringer knyttet til effektstudier

Forskning om effekter av klimaendring har til nå i stor grad vært rettet mot vilkår og begrensninger for utforming av politikk og tiltak for å redusere utslipp. Det er imidlertid bred vitenskapelig enighet om at selv ved stabilisering av utslippene vil det globale klimaet for mange decennier fremover være bestemt av en kombinasjon av tidligere utslipp, klimaets følsomhet for nye utslipp og klimaets naturlige variabilitet (Adger et al 2004:42). Tiltak for å redusere utslipp vil alene ikke være tilstrekkelige mottrekk for å møte de negative effektene av klimaendringer.

Flere internasjonale forskere og forvaltninger peker på at krevende og langsiktig utviklingsarbeid vil kunne sperre for forståelsen av at tilpasning til de klimaendringer som allerede kan observeres, krever tiltak nå. I sin brukerveiledning for utvikling av strategier for klimatilpasning, ordlegger UNDP/GEF seg på følgende måte:

Most national vulnerability and adaptation (V&A) studies to date have focused on the selection of climate change scenarios and impact studies – an approach that has not always resulted in policy relevant options for adaptation response

(UNDP 2004:iv).

I Storbritannia er dette gjort til en eksplisitt nasjonal utfordring til lokal forvaltning og industri, som del av det omfattende *UK Climate Impact Programme*, UKCIP (Willows & Connell eds.2003). En rekke regionale studier er gjennomført eller igangsatt i regi av lokale myndigheter og UKCIP. Siktemålet er å gi generelle, primært kvalitative, vurderinger av retningen på effekter av klimaendringene

med referanser til historiske data om spesifikke klimahendelser og deres utfall for ulike sektorer og geografiske områder.³⁵

Det økende fokus på tilpasning kan sies å innebære et pragmatisk skifte i lys av effektforskningens kompliserte og langsiktige karakter – ”gresset gror og kua dør”. Flere forfattere karakteriserer dette skiftet av fokus som en overgang fra ”første generasjons” til ”annen generasjons” policyorientering i den internasjonale klimadebatten (O’Brien et al 2004; Burton et al 2002; Clark et al 2000). I forhold til DPSIR modellen (figur 3.1) betyr det at fokus flyttes fra venstre til høyre feedbacksløyfe – fra ”mitigation” til ”adaptation”.

Den dominerende oppfatningen av klimaendringenes effekter stiller oss imidlertid også overfor en rekke vitenskapsteoretiske og kunnskapsmessige utfordringer. En av dem er hvordan modellutviklingen skal forholde seg til den store graden av usikkerhet som knytter seg til modellering, simulering og kostnadsberegning av klimaeffekter. Usikkerheten gjelder både de globale klimascenariene og deres regionale variasjoner (IPCC 2001:37), men ikke minst er usikkerheten knyttet til kunnskap om hvordan klimaparameterne vil påvirke komplekse naturgitte og menneskeskapte forhold.

Effektmodellene er ”scenariodrevet”, dvs. tar utgangspunkt i globale scenarier for sosioøkonomisk, demografisk, teknologisk og politisk utvikling på lang sikt. Om disse skal kunne få allmenn oppslutning og legges til grunn for politisk handling, må scenariene, og de forutsetningene de bygger på, nyte allmenn troverdighet og legitimitet. Modellenes kompleksitet er en betydelig kognitiv barriere. Å basere politikk for klimatilpasning på langsiktige klimascenarier med stor usikkerhet og komplekse modeller vil trolig møte betydelige beslutningsproblemer, og i verste fall dysfunksjonelle beslutninger. IPCC understreker at effektstudier krever ulike tilnærminger, hvor også scenarier og kvalitative metoder har sin plass (IPCC 2001b: del 2.4).

Erfaringene så langt med forsøk på å utvikle integrerte sosioøkonomiske klimaeffektmodeller (”integrated models”) har avdekket betydelige utfordringer med hensyn til kunnskap om kausale sammenhenger mellom påvirkning og effekter. Modellutvikling på tvers av sektorer er – i det minste – en langsiktig og metodisk meget krevende oppgave (CIESIN 1995; Risbey et al 1996). Ikke minst

³⁵ To typiske eksempler er studiene for London og Yorkshire: *London’s warming - the Impacts of Climate Change on London* (<http://www.london.gov.uk/gla/publications/environment.jsp>) og *Warming up the Region* (http://www.ukcip.org.uk/climate_impacts/climate_impacts.html).

gjelder dette i forhold til studier med sikte på utforming av tiltak som krever regional og lokal variasjon, slik det vil være behov for i et land med så store klimatiske og sosioøkonomiske variasjoner som i Norge.

Modellering av klimaeffekter på lokalt nivå krever et langt mer finmasket datagrunnlag enn det som dagens modeller kan levere. RegClims regionale scenarier med en oppløsning på 55 x 55 km blir for lite presise som input for å predikere effekter av klimaendringer for avgrensede områder, for eksempel innenfor en kommune eller et nedbørfelt.³⁶ Dataproblemet er imidlertid mer allment.

Avslutningsrapporten fra programmet Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) konkluderer for eksempel med at beregninger av økonomiske konsekvenser av klimaeffekter ikke kan foretas fordi nødvendig datagrunnlag så langt ikke er tilgjengelig (ACIA 2004).

En foreløpig oppsummering av litteraturen peker på følgende forhold som særlig avgjørende:

- Tilgang på regionale klimadata med tilstrekkelig oppløsning som nødvendig input til studier av effekter for særlig sårbare sektorer. Usikkerheten er her meget stor og kan lett gjøre effektstudier lite troverdige og lite konsistente over sektorer (jfr. erfaringer fra NLHs jordbruksmodell, jfr. fotnote 36)
- Sektormodellene vil lett kunne bli komplekse, og vil kreve betydelige kunnskaper om (mikro)prosesser i de aktuelle sektorene (i tillegg til kravene om meget spesifiserte klimadata)
- Når (sub)modeller fra ulike disipliner skal koples sammen, kan det lett oppstå såkalt ”modelbias” og fortolkingsproblemer
- Utvikling av metode og tilnærming vil måtte skje parallelt med at tilgang på data med tilfredsstillende detaljering og kvalitet blir etablert – dette vil gjelde både klimadata og sosio-økonomiske data i (sektor)effektmodellene
- Ulike sektorer vil trolig ha ulike tilfang av/tilgang på data med varierende grad av spesifisering og oppløselighet. I en del tilfeller vil data trolig ikke samsvare med ønsket territoriell og/eller klimatisk avgrensning av studieområdet.

³⁶ Problemer med manglende troverdighet av effektmodellens prediksjoner på grunn av grovt/usikkert datagrunnlag ble godt demonstrert i en presentasjon på forskningsprogrammet NORKLIMAs forskningsseminar 16. april 2004. Et forsøk på å operasjonalisere en integrert økologisk-økonomisk landbruksmodell (ECECMOD; Vatn et al. 1999) med data fra RegClim har vist seg å gi lite troverdige resultater.

4 Tilpasningsstudier – formål og tilnærming

4.1 Fra utslippspolitik til strategier for tilpasning

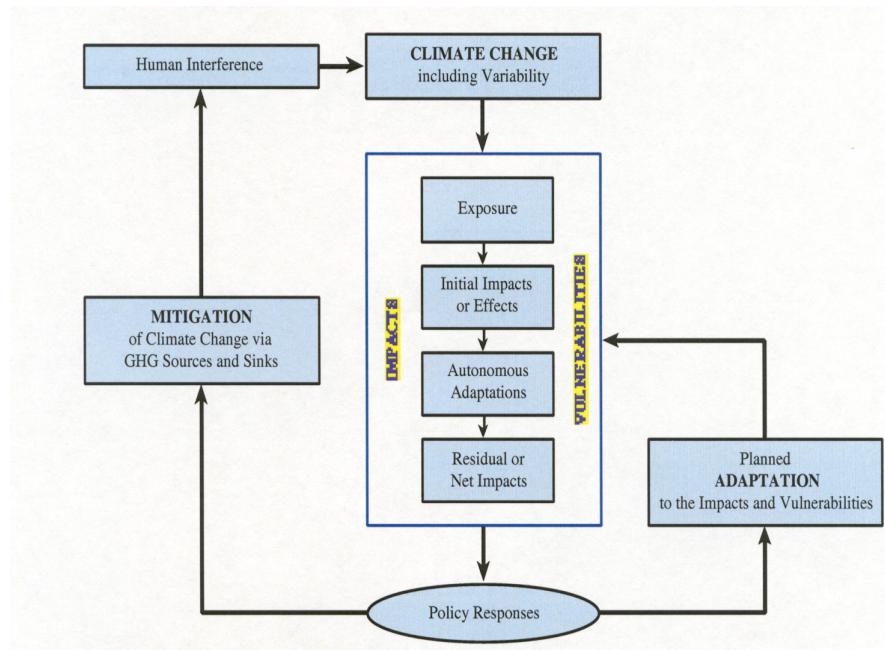
I den internasjonale klimaforskningen er utviklingen av klimaeffektmodeller en høyt prioritert oppgave. Dette gjelder både i forhold til de store, globale sirkulasjonsmodellene og til effektmodeller for spesielle sektorer og regionale områder. De globale modellene kommet stadig lenger i å inkludere nye geofysiske parametere og drivkrefter med virkning på det globale klimaet (IPCC 2001b:46-55). Modellens effektivitet i å forstå og predikere utviklingen i det globale klimaet blir stadig bedre. Kunnskapsgrunnlaget for å utforme den globale klimapolitikken rettet mot å påvirke de grunnleggende sosioøkonomiske drivkreftene og påvirkningsfaktorene – det vil si den globale utslippspolitikken, med effekter på lang sikt – blir stadig mer presist og sikrere.

Det er betydelige større metodiske og datamessige utfordringer knyttet til utvikling av modellverktøy for vurdering av *regionale* og *sektorspesifikke* konsekvenser av klimaendringene, særlig i forhold til politiske ønsker om å kvantifisere effekter og kostnader. Kunnskapsgrunnlaget for utforming av regionale og sektorspesifikke tiltak – enten disse er rettet mot utslippsreduksjon eller tilpasning – er betydelig mer fragmentert og usikkert.

Det som foran er omtalt som ”første generasjons” politikktutforming (Burton et al 2002) har vært særlig opptatt av politikktutforming for reduksjon i og kontroll med utslipp av drivhusgasser til atmosfæren som illustrert i venstre feedbacksløyfe i nedenstående figur (Burton et al 2001), som er en variant av den generelle DPSIR-modellen presentert i kapittel 3. Det er disse sidene ved klimapolitikken som til

nå har vært de dominerende i arbeidet innenfor *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC)³⁷.

Figur 4.1 Klimapolitikkens forskjellige responsmekanismer og virkningsfelt



I forarbeidene for neste statusrapport fra IPCC – ”Assessment Report 4” (AR4) – er det signalisert at det bør legges lagt langt større vekt enn tidligere på utforming av nasjonale tilpasningsstrategier som et sentralt element både i den globale og den nasjonale klimapolitikken. Strategier for tilpasning til klimaendringer – og i den sammenheng analyser av hvordan ulike områder, sektorer og befolkningsgrupper vil være spesielt sårbare for klimaendringer – vil derfor få langt høyere prioritet i det internasjonale klimaregimet. I de retningslinjer som er utviklet av UNEP gjennom det såkalte ”Adaptation Policy Framework” (UNEP/GEF 2004) uttrykkes denne målsettingen helt klart:

The main purpose is to understand the characteristics of climate-related vulnerability in priority systems...

³⁷ Det er bare fire referanser til tilpasning i konvensjonen, alle primært rettet mot reduksjon av klimagassutslipp (Burton et al. 1998)

Assessing current vulnerability and adaptation ... is possibly quite different from previous experience. Previous work may have emphasized impact modelling for some distant future year, been exclusively scenario-driven and quantitative, and characterized by limited stakeholder engagement (op.cit:11).

Programnotatet for Forskningsrådets program NORKLIMA understreker et tilsvarende argument:

[D]et er et mål å identifisere regioner og sektorer som kan være særlig sårbare for klimaendringer de neste 30 til 50 år og angi elementer i en nasjonal tilpasningsstrategi til forventede klimaendringer (s. 6).

4.1.1 Hvorfor tilpasningsstudier?

Det globale klimaet vil for meget lang tid være bestemt av en kombinasjon av tidligere utslipp, klimaets følsomhet for nye utslipp og klimaets naturlige variabilitet (Adger et al 2004:42). Dette innebærer behov for å utforme politikk, virkemidler og tiltak for hvordan samfunnet skal *tilpasse seg* disse langsiktige effektene som vil komme, uansett anstrengelser for å redusere dagens utslippsnivå.

Det nye fokuset, eller ”annen generasjons” policystudier langs den høyre feedbacksløyfen, er rettet mot policytiltak for tilpasning til forventede klimaendringer og utforming av strategier for å redusere grupper, regioners og økonomiske sektorerers sårbarhet for mulige negative effekter (og/ eller hvordan mulige positive effekter kan utnyttes). Det sentrale fokus er hvordan dagens og framtidens samfunn vil møte klimaendringene og hvilken evne og kapasitet som kan mobiliseres for å håndtere dem mest mulig effektivt og fordelingsmessig forsvarlig. Effekter av klimaendringene settes inn i den sosiale, økonomiske, institusjonelle og kulturelle sammenheng som virkemidler og tiltak skal gjennomføres i.

Tilpasningsstudier er ikke primært opptatt av de målbare fysiske effektene av klimaendringer. Det sentrale spørsmålet er de samfunnsmessige prosesser og konsekvenser som endring i kritiske klimaparametere vil kunne føre til i forskjellige sosioøkonomiske systemer – områder, næringer og befolkningsgrupper – som er særlig klimautsatte eller klimapåvirkelige. Analyser av ulike systemers tilpasningsevne og -kapasitet vil være nødvendige som grunnlag for vurdering av nasjonal sårbarhet for klimaendringer og hvordan disse fordeler seg mellom regioner, sektorer og befolkningsgrupper.

Klimaeffekter vil ha betydelig geografisk-topografisk variasjon med tilhørende behov for fleksibilitet i valg av politikk og virkemidler for tilpasning.

Strategier for tilpasning til klimaendringer erstatter ikke policytiltak med sikte på å redusere utslipp av drivhusgasser. Strategier for å håndtere tilpasning og sårbarhet er en konsekvens av dagens utslippsnivå. Konsentrasjon av drivhusgasser vil uansett medføre framtidige klimaendringer som innebærer utfordringer både for individ og samfunn. Strategier for planlagt tilpasning vil kunne redusere negative effekter av klimaendringer og redusere sårbarheten på kort sikt, men også kunne påvirke utslipp av drivhusgasser på lang sikt, uansett den usikkerhet som ellers knytter seg til effektene klimaendringene av (IPCC 2001c:890).

Det vitenskapelige grunnlaget som er nødvendig for å utforme tiltak for å redusere utslipp vil i stor grad være opptatt av å forstå de geofysiske og biologiske prosesser og effekter. Kunnskap som er nødvendig for å utforme tiltak for tilpasning vil til forskjell ha oppmerksomheten i større grad mot det samspillet mellom klimamessige (miljømessige) og sosioøkonomiske forhold som gjør et samfunn sårbarhet (Burton et al 2002:145). Det vil likevel være klare sammenhenger mellom de to politikkområdene. Tiltak for å redusere utslipp, særlig på lokalt nivå, vil ofte være en form for tilpasning i den forstand at sosiale vaner og atferd vil – eller må – påvirkes. (Aall & Norland 2003).

4.2 Definisjoner av tilpasning og sårbarhet

Begrepene tilpasning, sårbarhet og tilpasningskapasitet – og deres innbyrdes sammenheng – har ingen allment omforente definisjoner. De forstås forskjellig i ulike faglige tradisjoner og vil derfor måtte gis en praktisk definisjon i forhold til det faktiske system som skal studeres (Adger et al 2004; UNDP/GEF Technical Paper 3: Annex 1).

ICCP definerer tilpasning (”adaptation”) som ”tilpasning i naturlige eller menneskeskapte systemer som svar på aktuelle eller forventede klimastimuli eller deres effekter, og som demper skader eller utnytter fordelaktige muligheter” (Burton et al 2002)³⁸. Adger et al. (2004:34) beskriver klimatilpasning som justeringer i et systems atferd og karakteristika med formål å forbedre systemets evne til å håndtere eksterne påvirkninger. Begrepene tilpasning og sårbarhet må med

³⁸ Jfr, definisjonene i note 27.

andre ord knyttes til et spesifisert *system* som utsettes for en spesifikk *klimafare* ("climate hazard"³⁹) eller et sett av slike farer (Adger et al. 2004:28). Tilpasning er både en tilstand og en prosess – en strategi – for å motvirke eller redusere et systems sårbarhet for klimaendring

Begrepet *sårbarhet* ("vulnerability") blir definert på forskjellige måter i ulike fagtradisjoner (se nedenfor). Generelt forstår en med et systems sårbarhet i hvilken grad systemet er ømfintlig for eller ikke i stand til å håndtere (negative) effekter av klimaendring. Klimapanelets definisjon av sårbarhet lyder (vår oversettelse):

Sårbarhet er i hvilken grad et system er utsatt for, eller ute av stand til å håndtere, uheldige effekter av klimaendring, forstått både som variabilitet og ekstremer (IPCC 2001)

En noe snevrere definisjon, som særlig forbindes med tradisjonen fra risikoanalyse, er å forstå sårbarhet som *resteffektene* av klimapåvirkning etter at tilpasningstiltak er gjennomført (O' Brien et al 2004)⁴⁰.

Hvor sårbar en region, en næringssektor eller en befolkningsgruppe er for klimaendring vil avhenge av samfunnets økonomiske og sosiale forutsetninger og institusjonelle kapasitet og beredskap for å takle utfordringene. Et systems sårbarhet er avhengig av dets tilpasningskapasitet ("adaptive capacity") forstått som dets evne til å håndtere og tilpasse seg de belastningene som klimaendringene påfører, eventuelt å utnytte de gunstige forhold som måtte oppstå. Oftest forstås tilpasningsevne eller -kapasitet som et systems evne til å motstå effekter som kan påføre skader.

...broadly speaking it may be described as the ability or capacity of a system to modify or change characteristics or behaviour so as to cope better with existing or anticipated external stress (Adger et al. 2004:34)

Sårbarhet og tilpasningskapasitet vil være både geografisk og sosialt fordelt, og den politiske håndteringen av sårbarhet dreier seg om

³⁹ *Climate hazard* er definert som "...a physically defined climate event with the potential to cause harm" (APF, Technical Paper 1:4). "...a physical manifestation of climatic variability or change..." (Adger et al. 2004).

⁴⁰ "Vulnerability is essentially the residual impacts of climate change after adaptation measures have been implemented" (Adapation Policy Framework Technical Paper 3:5)

spørsmål som berører både økonomisk og sosial fordeling og rettferd. Et samfunns sårbarhet vil være nært knyttet til forhold som mer allment påvirker dets bærekraft, dvs. dets økonomiske, sosiale og institusjonelle kapital. (Tompkins & Adger 2003; Adger et al 2004:35; Smit & Pilifosova; 2001:899). Det er med andre ord spesifikke forhold og egenskaper ved systemet som avgjør dets sårbarhet (Yohe & Tol, 2002; Kaspersen & Kaspersen 2001):

- Et systems sårbarhet i forhold til eksterne stressfaktorer er en funksjon av systemets *eksponering* ("exposure"), *følsomhet* ("sensitivity") og *tilpasningskapasitet* ("adaptive capacity")
- Sosiale (menneskelige) og naturlige systemer tenderer til å tilpasse seg til gradvise endringer og variasjoner
- Sosiale systemer kan også planlegge og iverksette tilpasningsstrategier for å redusere potensiell sårbarhet eller for å utnytte de fordeler som oppstår
- De økonomiske kostnadene av sårbarhet for klimatiske stressfaktorer er summen av (inkrementelle) kostnader for tilpasning og kostnadene for skader som ikke kan unngås

En strategi for tilpasning til klimaendring må derfor inneholde et bredt spekter av policyelementer. UNDPs *Adaptation Policy Framework*, nærmere omtalt i avsnitt 4.4 nedenfor, peker helt konkret på at følgende elementer vil være sentrale både i nasjonale og regionale/lokale strategier for tilpasning (APF Technical Paper 1:8-9):

- Tiltak for å øke robustheten i teknisk infrastruktur og anlegg med lang livstid
- Tiltak for å øke fleksibilitet og tilpasningsevne i forvaltningen av natur og sosiale systemer
- Tiltak for å styrke tilpasningsevnen i sårbare natursystemer
- Tiltak som kan reversere utvikling som øker sårbarheten
- Tiltak for å øke befolkningens oppmerksomhet og bevissthet om klimaendring

4.3 Tilpasningsstudier – fire "hovedspor"

"Adaptation to climatic changes necessarily includes adaptation to variability... [and]... the frequency and magnitude of extreme events or conditions outside the coping range" (Smit & Pilisofova, 2001:882)

”Adaptation to climate change and risks take place in a dynamic social, economic, technological, biophysical, and political context that varies over time, location and sector” (Smit & Filiposova 2001:895).

De to sitatene hentet fra sluttrapporten til arbeidsgruppe II til IPCCs rapport om klimaendringene (IPCC 2001c) antyder at utvikling av strategier for klimatilpasning har flere dimensjoner. Tidsaspektet, sosioøkonomiske og politiske vilkår, institusjonelle forhold og – ikke minst – spørsmålet om hvordan den betydelig usikkerheten som knytter seg til omfang og hastighet av klimaendringene skal møtes, danner et broket bakteppe for utforming av nasjonal og lokal politikk for klimatilpasning.

4.3.1 Tidsperspektivet

Tilpasning til klimaendringer kan betraktes både i et langsiktig og et kortsiktig perspektiv. I et langsiktig perspektiv dreier det seg om å utvikle strategier for å møte endringer i klima som følge av at normal- og gjennomsnittsverdier – for eksempel middeltemperatur, -nedbør og havnivå vil endre seg. Tilpasning til slike endringer vil være kjennetegnet av stor grad av usikkerhet, både fordi klimascenariene viser store variasjoner i et 50-100 års tidsspenn, men også fordi det vil være enda større usikkerhet knyttet til de fremtidige økonomiske, sosiale og kulturelle systemene som skal forholde seg til disse endringene.

I et kortsiktig perspektiv vil derimot fokus være hvilken kapasitet det *eksisterende* sosioøkonomiske systemet har til å takle større avvik fra normalsituasjonen, for eksempel situasjoner fremkalt av mer hyppig forekommende *ekstreme* klimasituasjoner. I det kortsiktige perspektivet blir samfunnets beredskap for og evne til å håndtere krisepregede situasjoner et hovedelement i en tilpasningsstrategi. Det kortsiktige perspektivet er nært knyttet til eksisterende og, ikke minst, historiske erfaringer med situasjoner hvor klimaforholdene har løpt løpsk (Burton et al 1998).

I hvilken grad et område, en gruppe, en sektor eller et samfunn vil være sårbart for slike ekstremhendelser vil avhenge av de ressurser som er tilstede eller vil kunne mobiliseres for å møte mer katastrofepregede situasjoner og de etterfølgende konsekvensene av dem. I tillegg vil karakteristika ved de utløsende årsakene, vil lokalsamfunnets handlingsrom og -kontekst være avgjørende for hvilke strategier som kan velges. Grunnleggende holdninger til risiko, risikospredning og fordeling av goder og ulemper – *”bear or share*

the costs” – definerer samtidig det verdimeslige grunnlaget for valg og utforming av strategier og tiltak.

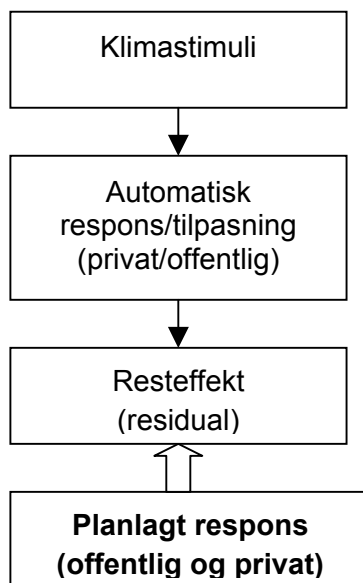
4.3.2 Ulike former for tilpasning

Litteraturen skiller mellom ulike former for tilpasning. Et første skille kan trekkes mellom et systems *egentilpasning* (automatisk eller autonom tilpasning) og den type tilpasning som kommer som følge av en *planlagt intervensjon*, dvs. innsats av (offentlige) motstrategier og virkemidler. En planlagt intervensjon forstås som:

... deliberate policy decisions on the part of a public agency, based on the awareness that conditions are about to change or have changed and that action is required to minimize losses or benefit from opportunities (Smit & Pilisofova 2001:884).

Automatisk (eller spontan) tilpasning forstås på den annen side som et systems reaksjon på klimautløste hendelser uten denne direkte intervensjon; med andre ord natur- og sosiale systemers egen, ”innebygde” evne til tilpasning. Denne formen for tilpasning kjennetegnes ved at den som regel skjer ad hoc og skrittvis, og at den ofte vil være rettet mot flere forhold samtidig. Klima i seg selv er sjelden den eneste årsak til endring i sosioøkonomisk atferd. Mottiltak vil derfor ofte være sammensatte for å kunne møte flere utfordringer samtidig (op.cit.:887). I en rekke beslutningssituasjoner vil hensynet til mulige klimaeffekter bare være ett kriterium av mange som en beslutningsfatter må eller bør vurdere (Willows & Connell 2003:54ff).

Strategier for planlagt tilpasning vil i utgangspunktet være rettet mot resteffekten av klimapåvirkninger etter at systemet har gjennomført (den første) egentilpasningen som illustrert nedenfor (jfr O’ Brien et al 2004 og fotnote 33). Den automatiske tilpasningen definerer det utgangspunktet (baseline) som nytte og effekt av aktuelle tilpasningsstrategier vil måtte evalueres mot som illustrert i figur 4.2 nedenfor.

Figur 4.2 *Planlagt og automatisk respons på klimaendringer*

Tilpasningsstrategier kan være *reaktive*, dvs. skje i etterkant av en hendelse (ex post) eller de kan være *proaktive*, dvs. være planlagte i forkant (ex ante). Tilpasningsstrategier kan utformes og iverksettes både i offentlig og privat regi. Figur 4.3 kombinerer de to ulike aspektene av tilpasning og gir noen eksempler på typiske strategier innen hver av de fire kategoriene som dannes.

Figur 4.3 *Typer av tilpassing og noen eksempler på strategier og virkemidler*

	Proaktiv (planlagt)	Reaktiv
Privat tilpasning	Forsikring Sikring av eiendom	Endret produksjon (f.eks. i jordbruket) Flytting
Offentlig tilpasning	Overvåkning/varsling Planlegging/beredskap	Kompensasjon Regulering/lovgivning

Samfunnsmessig, respons til klimaendring vil kunne skje gjennom et bredt spekter av tilpasningsstrategier, policyer og virkemidler fordi vi snakker om både individuelle og kollektive (offentlige/politiske) strategier. Den politiske, offentlige responsen vil dreie seg å ta i bruk økonomiske, juridiske, teknologiske, institusjonelle, organisatoriske og normative/informatoriske virkemidler – hver for seg eller i kombinasjon. Offentlig (”politisk) sektor vil i denne sammenheng omfatte både tradisjonell offentlig forvaltning og mer markedsorienterte sektorer som finanssektoren, næringsliv, transport og varehandel.

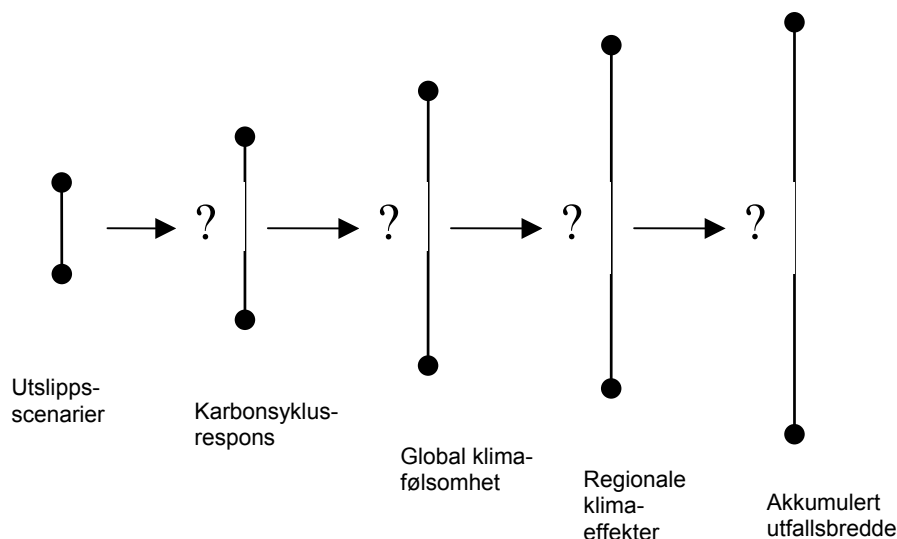
4.3.3 Tilpasning skjer under usikkerhet

Effekter av klimaendringer er beheftet med betydelig usikkerhet. I utgangspunktet er de globale klimamodellene og forståelsen av sammenhenger mellom klimaforhold og biofysiske forhold beheftet med stor vitenskapelig sikkerhet. For det første tar de globale modellene utgangspunkt i utslippsscenarioer som bygger på grove antagelser om global sosioøkonomisk og demografisk utvikling. Sammenhengen mellom konsentrasjon av drivhusgasser i atmosfæren og de globale gjennomsnittstemperaturen er langt fra ferdig utforsket, likeledes klimaendringenes effekter på geofysiske og biologiske forhold. Denne grunnleggende modellusikkerheten forsterkes på grunn av lange og komplekse årsakskjeder og samspill av effekter⁴¹. Det oppstår sammensatte (”multiple”) effekter som over tid adderer seg som ”kaskader” av effekter⁴², som illustrert i figur 4.4

⁴¹ *“Analysis of the choice of adaptation measures at some future time to an uncertain future climate in an unknown socio-economic context is bound to be highly speculative”* (Burton et al 2002: 151).

⁴² *“...uncertainties cascade forwards into the impacts assessments.”* (Moss & Schneider 2000:39)

Figur 4.4 Usikkerhet aggregeres og sprer seg som en "kaskade" (Kilde: IPCC 2001c, fig. 2.2)



Forståelse av den grunnleggende usikkerheten omkring hvordan eller hvorvidt effekter vil oppstå, vil imidlertid være avgjørende for legitimiteten til de klimapolitiske valg som må gjøres i forhold til utslippsreduksjon og tilpasning. Spørsmålet som alltid vil bli stilt er: Hvor *sannsynlig* er det at projiserte effekter vil inntre? Klimapanelet definerer tre klasser av problemer knyttet til usikkerheten i det vitenskapelige grunnlaget for å forutsi effekter og utforme respons på klimaendringene (Moss & Schneider 2000:44).

IPCC definerer graden av usikkerhet gjennom et sett standarder for kvantitativ eller kvalitativ angivelse av validiteten av kunnskapen og de prediksjoner som gis. Med andre ord: et uttrykk for den *tiltro* som knyttes til det vitenskapelige kunnskapsmaterialet som ligger under påstander og konklusjoner (IPCCc 2001)⁴³. Årsaker til usikkerhet spenner fra grunnleggende kunnskapsmangel om klimaprosessene til

⁴³ IPCC definerer fem konfidensnivåer (*levels of confidence*) for tiltro til vitenskapelige konklusjoner/resultater: *Very High* (>95%); *High* (67-95%); *Medium* (33-67%); *Low* (5-33%); *Very Low* (<5%). For kvalitative konklusjoner skiller det mellom kategoriene *Well-established*; *Established but incomplete*; *Competing explanations* og *Speculative* (IPCC 2001c:24).

faglig og/eller begrepsmessig uenighet om tolkningen av foreliggende data og forskningsresultater, jfr. figur 1.1.

Usikkerhet i forhold til klima- og sosioøkonomiske scenarier kan ikke angis i vanlige, statistiske mål fordi en ikke kjenner frekvensfordelingen av de observerte fenomenene. Usikkerhet kan bare angis subjektivt i forståelsen ”beste faglige estimat” på grunnlag av teoretisk viten og empiriske observasjoner av tidligere klimatiske fenomener⁴⁴. Eventuelt kan vurderingene støttes gjennom bedre utviklet teori og modellsimulering, med etterfølgende oppdatering og justeringer etter hvert som ny kunnskap vinnes.

The probability of an event is the degree of belief that exists (...) that an event will occur, given the observations, modelling results, and theory currently available, all of which contribute to estimation of a “prior” probability of the occurrence of an outcome (IPPC 2001c:2.6.2).

I klimadebatten finner vi tre prinsipielt forskjellige måter å forholde seg til spørsmålet om usikkerhet på (Hulme 2002). Det første er å anvende ”føre-var”- prinsippet for å sikre at utslipp av drivhusgasser ikke gir varige, farlige følger. Dette prinsippet har i praksis vist seg vanskelig å gi et operasjonelt innhold, dvs. å oppnå allmenn enighet om hva som er et ”farlig nivå” for utslipp. Føre-var prinsippet gir også få konkrete føringer for utforming av strategier for tilpasning (op.cit.). Kilder som stiller seg skeptisk til hele klimaproblematikken hevder at tiltak for utslippsreduksjon og tilpasning må vurderes ut fra mottiltakenes beregnede nytte og kostnader. Å gjennomføre nytte/kostnadsanalyser i monetære termer vil imidlertid være å stille helt ekstreme krav til vitenskapelig kunnskap og datagrunnlag. En ”tredje vei” ligger i å bygge på tradisjonen fra risikoanalyse (”risk assessment”) hvor vekten legges på å definere kritiske terskler for klimaets virkning på naturlige og sosioøkonomiske systemer, og å bedømme sannsynligheten for at slike terskler kan bli overskredet. Den vitenskapelige og politiske utfordringen vil da primært være å

⁴⁴ Denne typen vitenskapelig ”best guess” refererer seg til såkalt Bayesisk sannsynlighet, definert som den grad av tiltro (”believability”) som rasjonelle aktører vil ha til et sannhetsutsagn, også betegnet som subjektiv, epistemologisk eller logisk sannsynlighet (i motsetning til statistisk sannsynlighet bestemt fra en gitt fordelingsfunksjon). Bayesisk tolkning kan anses som en vitenskapelig metode hvor tiltroen til en hypotese eller fortolkning av et funn vil øke/avta etter hvert som ny kunnskap bekrefter/avkrefter eller justerer den opprinnelige påstanden (Kilde: Wikipedia Encyclopedia).

synliggjøre usikkerheten og gi begrunnelser for at hensynet til klimaendringer må bygges inn i en rekke politikkområder. Det er her sårbarhetsanalyser vil kunne spille en sentral rolle.

4.3.4 Mobilisering av interesser og aktører

Kapittel 3 har gitt noen illustrasjoner av den store bredden av mulige direkte og indirekte sosioøkonomiske og -kulturelle effekter av klimaendringer. Effektmodellene utleder årsak-virkningskjeder med et ”top-down” makroperspektiv på hvilke samfunnsområder som vil kunne bli berørt. Generelle effektmodeller vil høyst sannsynlig ikke, eller bare delvis, kunne fange opp effektene konsekvenser for berørte grupper og interessenter. De som på en eller annen måte blir berørt⁴⁵ av klimaendringer vil trolig være mer opptatt av de situasjons- og kontekstspesifikke sidene ved konsekvensene – lokale, næringsmessige og personlige. De vil også trolig være opptatt av hvordan personlig og lokal erfaring – ”ikke-vitenskapelig” lokalkunnskap og historiske erfaringer – kan gi støtte for utforming av mulige handlingsstrategier (Burton et al 2002: 151).

Interessegrupper (”stakeholders”) må forventes å ha mer kortsiktige, ”her-og-nå” oppfatninger av klimaendring og tidshorisont for valg av tilpasningsstrategier. Den ekstremt lange tidshorisonten og den store usikkerheten forbundet med det faktiske utfallet av mulige dramatiske klimaendringer (som dessuten skal håndteres av *andre* i en framtidig ukjent økonomisk, sosial og kulturell kontekst), kan lett gjøre rene effektstudier til abstrakte øvelser med liten forankring i folks virkelighet.

Ved å fokusere på et områdes, en sektors eller en interessentgruppes sårbarhet for endring kan perspektivet på klimaeffekter og deres økonomiske og sosiale konsekvenser gjøres mye mer aktørnært. I et kortsiktig perspektiv vil både kollektiv og individuell sårbarhet først og fremst være knyttet til forekomst av *ekstremisituasjoner* som særlig høy eller lav temperatur, sterk vind, stor nedbør, flom og ras.

Et utfall som klimapanelet karakteriserer som ”meget sannsynlig” (jfr. fotnote 43), er at selv de mest forsiktige klimascenariene vil medføre mer hyppig forekomst av ekstremverdier. Dette er også RegClims konklusjoner for effektene i Norge av den globale oppvarmingen: ”Våtere, varmere, villere” (RegClim 2002b). Forekomst av ekstremt

⁴⁵ Det engelske uttrykket *stakeholder* er en fellesbetegnelse på ulike typer interessenter og berørte. Uttrykket har ingen treffende norsk oversettelse, men blir mer og mer brukt også i norsk sammenheng.

vær vil være situasjoner som for mange vil være sammenlignbare – om enn ikke identiske – med situasjoner i samtiden eller nær fortid. Klimaeffekter kan med andre ord oppfattes som en *fare* på linje med andre kjente naturfenomener som har rammet eller kan forventes å ramme utsatte og sårbare områder. I norsk sammenheng er utsatthet for ras og flom en nærliggende referanse.

Dette åpner muligheter for *analogistudier* av kritiske klimautfall med grunnlag i opplevde eller historisk kjente, dokumenterbare hendelser og situasjoner. Å bevisstgjøre forskjellige aktører i forhold til de utfordringer klimaendringene representerer kan skje ved å ta utgangspunkt i hvordan sårbarhet for ekstreme situasjoner og naturkatastrofer håndteres *i dag* (Burton et al 2002; UNDP – GEF 2004).

4.4 Sårbarhet og politikkutforming

Omfattende reduksjon av utslippene av drivhusgasser, særlig i forhold til CO₂, vil kreve omfattende politiske tiltak. Mange av disse, for eksempel reduksjon i utslipp fra biltrafikk og oljevirkosomhet, vil neppe kunne gjennomføres uten betydelige følger for norsk økonomi, energiforbruk og livsstil. Styringsinngrep med avgjørende effekt på utslippene vil ha betydelige politiske, økonomiske og sosiale implikasjoner og kostnader (Weale 1992, Kleven 1999). Den forholdsvis svake internasjonale viljen og tregheten i prosessene med å følge opp Kyotoavtalen kan forstås på en slik bakgrunn. Det reises stadig tvil om mulighetene for å bekjempe klimaproblemene gjennom Kyotoavtalen alene (Holtmark og Alfsen 2005).

Strategier for tilpasning til høyst konkrete og spesifikke klimautløste hendelser vil trolig være langt mindre politisk kontroversielle fordi de vil være rettet mot kjente og mer klart aksepterte farer og deres negative konsekvenser. Perspektivet i strategier for tilpasning vil være å forbygge skade, utbedre dem når de oppstår og å etablere ordninger som vil gi større eller mindre grad av kompensasjon når skader har skjedd. Foreløpige analyser av effekter av klimaendring i de neste 50 år peker på noen regionale områder og samfunnssektorer som vil kunne bli særlig sårbare (Sygna et al 2004; O'Brien et al 2003).

RegClims scenarier indikerer at de største effektene vil oppstå i nordområdene og på Vestlandet. De klimatiske forskjellene mellom Østlandet og de øvrige landsdelene vil øke og Østlandet får gjennomgående ”bedre vær”. Endringen i klima og forekomst av ekstremvær vil få konsekvenser for klimautsatt primærproduksjon – skog- og jordbruk, utmarksnæring, fiskeoppdrett og (vinter)turisme –

foruten skader på teknisk infrastruktur, transportsystemer og vannkraftproduksjon. Disse sektorene kan – samlet eller i mindre, stedstypiske ”klynger” – være utgangspunkt for mer inngående studier av regional sårbarhet, tilpasningsevne og -kapasitet.

Sårbarhet mer allment inneholder aspekter av geografisk og sosial fordeling både med hensyn til de drivkrefter som forårsaker sårbarhet, de effekter som oppstår og hvordan de rammer. Fokus og innhold i regionale strategier for tilpasning vil derfor variere med hvilke typer klimaendringer som er utslagsgivende, den lokale/regionale konteksten det skjer innenfor og den kapasitet og kompetanse som er til sted for å håndtere utfallet. Tilnærmingen til analyse av (lokal) sårbarhet vil være avhengig av til hvilket formål slik kunnskap skal benyttes. Det kan skilles mellom fire ulike tematiske tilnæringer med noe forskjellig faglig og politisk innholdsmessig fokus (UNDP-GEF 2004:11):

- Analyse av spesifikke klimafarer for særlig utsatte sektorer eller områder, for eksempel ekstrem nedbør som fører til rasfare og flom i spesielle distrikter
- Analyse av sårbarhet, dvs. sannsynligheten for at et nåværende eller et forhåndsdefinert sårbarhetsnivå vil bli påvirket av framtidig klima
- Analyse av effektiviteten i eksisterende eller foreslåtte/alternative tiltak for klimatilpasning (policyanalyse)
- Analyse av organisatoriske og institusjonelle barrierer mot tilpasning, tilpasningsevne og -kapasitet.

4.5 Sårbarhet og tilpasningsevne er lite studert

Som nevnt foran har sårbarhetsstudier så langt ikke hatt noen fremtredende plass i klimapolitikken, verken nasjonalt eller internasjonalt. I Norge er det foretatt en del casestudier av effekter av klimaendring og deres forventede konsekvenser for enkeltsektorer. Klimasårbarhet for sektorer og områder har vært studert i forhold til økt flomrisiko, større forekomst av ekstrem vind/nedbør og høyere havnivå. Sygna et al (2004) gir en god oversikt over foreliggende studier, som viser at konsekvensene av klimaendringer har en betydelig variasjon både med hensyn til hvor hardt de vil kunne ramme, om effektene vil antas å bli positive eller negative, og i

hvilken grad naturgrunnlag, næringer og lokalsamfunn vil være spesielt sårbare for de endringer som kan oppstå.

Klimarapporten for Arktis (ACEA 2004) påpeker at klimasårbarheten øker sterkt i de arktiske og subarktiske områdene både fordi temperaturstigningen i disse områdene vil kunne bli betydelig høyere enn hva som forventes på globalt nivå, og fordi mange biologiske systemer her befinner seg i sin yttergrense. Det betyr at de sosiale og økonomiske systemene som er avhengig av bioproduksjon, vil være særlig utsatt. Dette er områder som samtidig også ofte er marginale i forhold til en rekke andre sosioøkonomiske, demografiske og velferdsmessige prosesser.

Det er gjennomført en del studier av forventede effekter av klimaendring i landbruket, for bygningsmassen og for fysisk infrastruktur. Disse konkluderer med at landbruket samlet sett trolig vil kunne oppnå høyere produksjon under et varmere klima. Utsiktene til større forekomst av mer ekstremvær, vil generelt ha negative virkninger på bygningsmasse og infrastruktur som veg- og ledningsnett og energi- og IT-nettverk. Usikkerheten i slike anslag er imidlertid betydelig, og den regionale variasjonen i fordeling av positive og negative effekter er stor. Klimafaktorer vil dessuten sjelden være eneste utløsende faktor, men som regel være én av flere årsaker til lokal sårbarhet (Sygna et al 2004:25-27).

På kommunenivået er det gjennomført en relativt grovmasket oversiktsstudie av klimasårbarhet og tilpasningsevne for landbruk og vinterturisme (O'Brien et al 2003). Konklusjonen her er at klimasårbarhet og tilpasningsevne er relative begreper. Samtidig som landet under ett må anses som forholdsvis lite sårbart fra naturens side, og på grunn av sine store økonomiske, institusjonelle og organisatoriske ressurser vil ha meget stor evne til å takle klimautfordringene, vil det være betydelige lokale variasjoner i på hvilken måte og hvor sterkt klimaendringene vil ramme og hvordan de vil kunne møtes med aktiv tilpasning. Det er også gjennomført enkelte arbeider omkring teoretiske og metodiske problemstillinger knyttet til gjennomføring av klimaeffekt- og sårbarhetsstudier i Norge (O'Brien et al 2004; Lindseth 2003) og for utvikling av indikatorer for vurdering av lokal klimasårbarhet (Aall og Norland 2003).

Det er neppe overdrevent å si at relativt avgrensede case- og sektorstudier og et temmelig grovt nasjonalt oversiktsbilde av klimasårbarhet ikke gir et særlig tilfredsstillende grunnlag for å utvikle nasjonale og regionale strategier for hvordan en i Norge skal møte utfordringene fra klimaendring, og hvordan klimatilpasning best

kan skje. Det vil være behov for et klarere ”norsk” perspektiv, hvor klimatilpasning kan ses i forhold til en særnorsk, eller nordisk, ”oversettelse” av de globale klimascenariene og de sosioøkonomiske scenariene som ligger til grunn for disse.

Ikke minst vil det være avgjørende å sette mulige strategier, virkemidler og tiltak inn i en norsk forvaltningssammenheng. Klimatilpasning vil i stor grad måtte ha et lokalt eller regionalt fokus, og slik sett en utfordring som må løses i den enkelte kommune eller av kommuner i felleskap. Like sikkert vil dette sette krav til i et nært samarbeid mellom statlige sektorer, etater og kommunene. Oppgavene vil derfor krysse etablerte sektorgrenser og sette krav til tiltak og beredskap på flere nivåer. Det er åpenbart at klimatilpasning og -beredskap – som andre tverrsektorielle policyområder – har innebygd en rekke institusjonelle og organisatoriske barrierer knyttet til ansvars- og myndighetsområder så vel som til ”eiendomsretten” til det lovverk, det kunnskapsgrunnlag og de faglige løsninger som skal legges til grunn. (Se Emmelin og Kleven (1999) for en allmenn diskusjon av iverksetting av nasjonale miljømål på tvers av sektorer og faglige ”paradigmer”).

4.6 En begrepsmodell for analyse av tilpasning og sårbarhet

Utvikling av et opplegg for gjennomføring av sårbarhets- og tilpasningsstudier i Norge trenger et faglig utgangspunkt – et prosessuelt forbilde og konseptmodell – som lar seg tilpasse til norske forhold, dvs. norske institusjonelle forhold og norsk forvaltningspraksis. I tillegg til å bygge på de spredte norske erfaringene som tross alt foreligger, er det god grunn til å se nærmere på den internasjonale metodeutviklingen på dette området. I det etterfølgende presenteres hvordan dette skjer i Storbritannia i regi av UK Climate Impact Programme (UKCIP) og innenfor FNs utviklingsprogram (UNDP).

4.6.1 Noen internasjonale erfaringer

UKCIP bygger på framtidsscenarier utviklet under programmet ”Foresight 2020” (<http://www.foresight.gov.uk>). Scenariene legger til grunn de samme dimensjoner og basisforutsetninger som ligger bak

IPCCs scenarier⁴⁶. Eksempler på tilpasning av scenarier til lokalt eller regionalt nivå er studiene for London ("*London's warming*", 2002) og Yorkshire ("*Warming up the Region*", 2002).

Tekstboksen på neste side indikerer den generelle profilen på de engelske studiene (Tyndall Centre for Climate Change Research; (<http://www.tyndall.ac.uk>). I England er det i regi av UKCIP og Tyndall Centre utviklet et omfattende veiledningsmateriale for gjennomføring av lokale eller sektorielle tilpasningsstudier, med sikte på å innpasse klimaproblematikk i aktuelle (langsiktige) beslutningssituasjoner, for eksempel i større investeringsprosjekter, i arealbruks- og utviklingsplaner og konsekvensutredninger (Willows & Connell eds. 2003). Foreliggende studier i Storbritannia presenterer sine konklusjoner i generelle og primært kvalitative vurderinger av *retningen* på mulige effekter av klimaendring i forhold til foreliggende data og informasjon om observerte, historiske klimautløste hendelser innenfor spesifikke sektorer og områder.

Studier av sårbarhet ser også ut til å være tilnærmingen i Sverige (Regeringsproposisjon Ds 2001:71) og Finland (Programmet FINADAPT, jfr. Carter & Kankaanpää 2004).

⁴⁶ Scenariene er utviklet av Science and Technology Policy Research (SPRU), University of Sussex. De tar utgangspunkt de to Foresight-scenariene som blir vurdert som mest relevante for Londons situasjon som globalt finanssentrum og økonomisk motor i Storbritannia: ett "business-as-usual" perspektiv og ett mer i overensstemmelse med krav til bærekraftig sosial, økonomisk og miljømessig utvikling.

Figur 4.5 *Eksempel på tilnærming til sårbarhetsstudier (England)*

The Tyndall Centre's research into adaptation to climate change is assessing how people and the environment can adapt to unavoidable changes in climate, whether gradual and continuous or abrupt and extreme.

Most discussions about climate change focus on gradual changes in average climate conditions. But climate change will also influence the occurrence of extreme weather events, such as floods, droughts, heat waves and windstorms. The climate system may also change rapidly - as has happened in the past. Information is needed to help put protective measures into action that minimise adverse impacts on society and avoid dangerous changes to climate.

Researchers in this theme are analysing the vulnerability of organisations, ecosystems and countries to gradual and extreme changes in climate, and their ability to adapt. They will develop scenarios that take into account extremes, uncertainties and abrupt changes to provide analysis tools that assist decision-makers. They are also investigating critical thresholds beyond which it will be hard to adapt, such as those related to abrupt changes in the thermohaline ocean circulation or the melting of polar ice sheets. The costs and benefits of adapting to climate change will be considered in the light of uncertainty and timing of adaptive measures. Climate change will have different impacts on various parts of society, so researchers are also investigating questions of justice and equity.

4.6.2 Adaptation Policy Framework

FNs utviklingsfond (UNDP) har satset stort for å få medlemslandene til utvikle nasjonale strategier for klimatilpasning. Særlig vekt er lagt på utviklingslandene som vil være mer sårbare for klimaendringer enn mer økonomisk og institusjonelt robuste industriland. Global Environmental Facility (GEF), som yter støtte til miljøtiltak i utviklingsland, deltar også i arbeidet med å utvikle et rammeverk for utarbeidelse av tilpasningsstrategier. Resultatet av denne innsatsen foreligger som *Adaptation Policy Framework* (APF 2004a) som består av en håndbok og et sett veiledere ("Technical Papers"). Målet er:

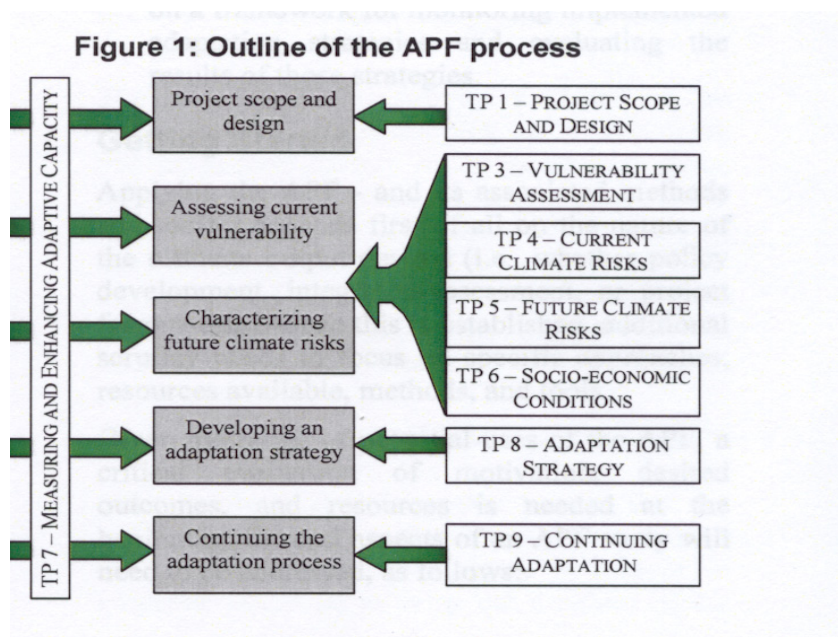
...to assist and provide guidance to development countries in identifying, prioritizing, and shaping potential adaptation option into a coherent strategy that is consistent with their sustainable development and other national priorities (APF 2004a:ii).

Den generelle tilnærmingen i APF kan anvendes på alle de varianter av sårbarhetsstudier som er oppsummert i avsnitt 4.4. APF-prosessen er bygget opp omkring et sett analysemoduler som kan innrettes både

for studier av klimaeksponering og klimarisiko (hazards) i utsatte områder eller sektorer, for vurdering av områders og sektorers sårbarhet (vulnerability), for analyse av relevans og effektivitet i ulike strategier og policyer eller for studier av områders og sektorers tilpassningskapasitet. Fokus kan være ett enkelt eller en kombinasjon av disse temaene.

APF legger avgjørende vekt på bred deltakelse, den omtales som ”stakeholder driven”. Prosessen skal involvere representanter både for myndigheter (”policy makers”) og berørte interesser og grupper (”stakeholders”). Deltakerne bør representere det som samlet utgjør ”the adaptation community”, hvilket betyr personer og institusjoner som har nåværende eller tidligere erfaringer om sårbarhet og tilpasning i forhold til klimaendring og klimavariabilitet (APF Technical Paper 2:2-3). Hovedfasene i APF-prosessen med tilhørende veiledningsmateriale, er vist i figur. 4.7.

Figur 4.6 *Adaptation Policy Framework – prosjektfaser og retningslinjer.*



Både APF og UKCIP understreker sterkt at arbeidet med regionale/nasjonale strategier for tilpasning til klimaendring må ta utgangspunkt i sårbarhetsvurderinger under *dagens* klimaforhold – koplet til andre sikkerhetstrusler og bærekraftspørsmål mer allment. Som påpekt tidligere, betyr dette at historiske data og dokumentasjon

av ekstremisituasjoner og -hendelser utløst av klimaforhold får en sentral betydning i tilnærmingen (jfr. fase 2 i figur 4.7). Å ta utgangspunkt i eksisterende klimasituasjon og forekomst av ekstremisituasjoner som har utløst skader, betyr å legge avgjørende vekt på kollektiv bevisstgjøring rundt følgende typer spørsmål:

- Hva hendte den gang/siste gang klimaet ”slo til”?
- Hvem ble rammet, på hvilken måte, med hvilken tyngde og med hvilken årsak?
- Hva ble gjort og hva kunne ha vært gjort for å unngå/ redusere skadene?
- Hva var ansvarsforholdene, hvem tok belastningen?
- Hvilke barrierer hindret (fornuftig) handling?

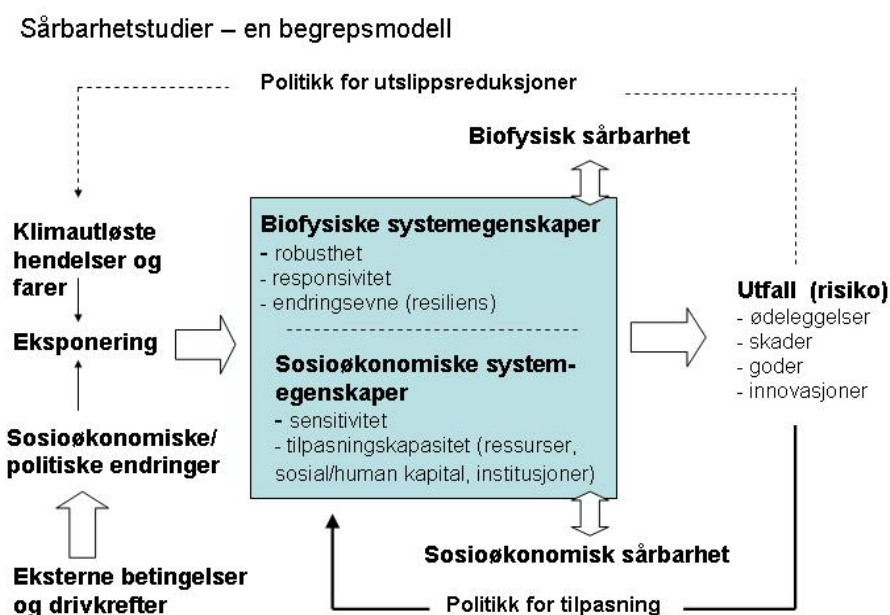
4.6.3 En samlet begrepsmodell for sårbarhetsstudier

Det finnes ikke en enkelt, omforent definisjon av sårbarhet. Ordet har ulik betydning i ulike sammenhenger og innenfor ulike tradisjoner av sårbarhetsstudier – for eksempel i forhold til helseepidemier, matvaresikkerhet, naturkatastrofer (Cutter 2003). En teoretisk-metodisk ramme for å studere klimasårbarhet og tilpasning har behov for å knytte sårbarhet og tiltak for tilpasning til risiko for og effekter av klimautløste hendelser. Modellens måte å beskrive og vurdere mulige effekter og sårbarhet på vil samtidig måtte være troverdig, dvs. skje på en måte som både er allment forståelig og legitimert gjennom åpenhet og innsyn.

Den modellen som presenteres i det etterfølgende er utviklet med sikte på å utprøving under norske forhold. Den er tuftet på den analyse- eller *konseptmodell* som ligger til grunn for APF, som på en oversiktlig måte, steg-for-steg, knytter sammen kunnskapsgrunnlag og utvikling av tilpasningsstrategier i en prosess med betydelig vekt på samfunnsmessig deltakelse. Begreper og tilnærming er også i betydelig grad inspirert av utviklingsarbeid og erfaringer som er dokumentert i publikasjoner fra UKCIP og klimaforskningen ved det engelske Tyndall Center (<http://www.tyndall.ac.uk>).

Figur 4.8 viser den begrepsmodellen som er lagt til grunn for NIBRs lokalstudie av klimasårbarhet i deler av Hedmark, og som vil bli nærmere omtalt i kapittel 5. De ulike elementene i modellen og deres sammenhenger er forklart nedenfor.

Figur 4.7 En begrepsmodell (konseptuell modell) for sårbarhetsstudier



Studieobjektet i modellen defineres som et *system*⁴⁷ med visse spesifikke egenskaper som eksponeres for eksterne *drivkrefter*. Med ”system” mener vi i denne forbindelse et nærmere avgrenset enhet (”exposure unit”) som eksponeres for endringspress forårsaket av enkeltstående eller sammensatte eksterne drivkrefter. Et system kan være en region, et lokalsamfunn, en næringssektor eller en befolkningsgruppe.

Vi skiller i modellen mellom *naturbestemte* drivkrefter, her representert ved hendelser utløst av klimaparametere (for eksempel temperatur, vind, nedbør, bølgehøyde, hver for seg eller i samvirke), og *sosioøkonomiske* drivkrefter forårsaket av politiske beslutninger eller bestemt av økonomiske, sosiale, demografiske eller andre forhold, dvs. faktorer som bestemmer det aktuelle systemets

⁴⁷ Mer allment kan et system defineres som et sett av objekter/enheter med innbyrdes samband og avhengighet. En modell er en forenklet fremstilling av et system. En konseptuell modell er “...a system that is comprised of non-physical objects, i.e. ideas or concepts. In this context a "system" is taken to mean an interrelated, interworking set of objects” (Wikipedia Encyclopedia).

egenskaper, kapasitet, styrke og svakheter, og som påvirker regional utvikling og fordeling. De to settene av eksterne drivkrefter bestemmer i hvilken grad systemet blir eksponert for endringskrefter.

Drivkrefter av begge slag fører til endringspress på systemet, på de naturgitte (biofysiske) egenskapene ved systemet så vel som dets sosioøkonomiske egenskaper. Presset på systemet kan gi både positive og negative effekter. Noen systemer vil i større grad enn andre være i stand til å motvirke negative effekter og utnytte de positive. Ulike systemer er mer eller mindre sårbare for de (negative) effekter som oppstår. En studie av klimasårbarhet vil ha sitt fokus på de bidrag til endringer i sårbarhet som er forårsaket av klimahendelser.

En *klimahendelse* er et observerbart, fysisk definert avvik fra normalsituasjonen som er forårsaket av klimaparametere som temperatur, nedbør, vind, bølger (alene eller i kombinasjon). En *klimafare* er en klimahendelse, eller en kombinasjon av flere hendelser, som kan forårsake skade. En klimafare er *risikoavhengig*, den representerer alltid en *risiko* for å bli rammet av en klimahendelse med skadelig utfall. Klimafarer assosieres ofte med forekomst av ekstremverdier på én eller flere, sammensatte klimaparametere. Hva som oppfattes som ekstremforhold er ingen fast størrelse. Ekstremsituasjoner, og tilhørende klimafarer, kan være vanlige og forekomme regelmessig – som vind over en viss styrke – eller de opptrer mer sjelden, med lange mellomrom – som en 100 års flom. Det avgjørende kriterium for hva som definerer ekstremforhold, vil være hvorvidt hendelsene forårsaker skader eller ikke.

Med *klimaeffekter* menes de direkte og indirekte effektene av klimahendelser på de biofysiske og sosioøkonomiske forholdene i systemet. Effektenes omfang og størrelse – og deres konsekvenser for ulike områder, næringer eller befolkningsgrupper – vil være avhengig både av systemets eksponering for klimafarer og de biofysiske og sosioøkonomiske egenskapene til det aktuelle systemet.

Et (biofysisk) system kan være sterkt eksponert for klimafarer, men likevel så robust at det tåler mye. Eller det kan være følsomt for klimatisk påvirkning, men ha egenskaper som gjør at det likevel ikke er særlig sårbart, fordi systemet har *tilpasningsevne* (Yohe & Tol 2002). Effektene av en klimafare på det biofysiske systemet bestemmes av dets egenskaper (Smit & Pilisofova 2001:894):

- *robusthet* (eng. robustness); dvs. i hvilken grad systemet faktisk kan påvirkes

- *responsivitet* (eng.responsiveness); dvs. i hvilken grad systemet reagerer på klimapåvirkningen på ulike måter og/eller grader av reaksjon
- *tilpasningsevne* (eng. ”resilience”); dvs. i hvilken grad systemet har evne til å avvise, slå tilbake eller restituere seg etter ytre påvirkning⁴⁸

De sosioøkonomiske egenskapene ved systemet bestemmer på den annen side systemets evne til å takle – eller nyttiggjøre seg – effektene av klimapåvirkning. Et systems tilpasningskapasitet (“adaptive capacity”) er dets samlede evne og kapasitet til å justere eller forandre karakteristika eller atferd for bedre å kunne håndtere en eksisterende eller en forventet ekstern påvirkning (Adger et al. 2004:34)⁴⁹. Denne evnen er bestemt av sosiale, økonomiske, menneskelige og institusjonelle ressurser i det aktuelle systemet; dets økonomiske, sosiale og institusjonelle kapital (Cutter 2003; Yohe & Tol 2002). Dette innebærer at tilpasningsevnen er en tilstand, et sett egenskaper ved systemet, som i stor grad vil være uavhengig av systemets faktiske eksponering for klimafarer (O’Brien et al 2004; Adger et al 2004:29-30).

En *sårbarhetsvurdering* (“vulnerability assessment”) vil alltid måtte relateres til effektene av en spesifikk klimafare (eller en sammensetning av slike) for et spesifikt system (Adger et al 2004:28). Som det fremgår av analysemodellen (figur 4.8) og begrepsdefinisjonene, vil et systems sårbarhet være bestemt av to, vesentlig forskjellige, forhold:

- Systemets *biofysiske sårbarhet* (eller klimasårbarhet), som bestemmes av systemets eksponering for klimafarer, og egenskaper med hensyn til dets robusthet og følsomhet for disse (og)
- Systemets *sosioøkonomiske sårbarhet*, som bestemmes av systemets kapasitet til å tilpasse seg ytre endringspress, som en klimahendelse, enten effektene av dette er fordelaktig eller negativt. Den sosioøkonomiske sårbarheten vil være avgjørende for det endelige utfallet av at systemet blir utsatt for en gitt klimafare eller kombinasjoner av slike

⁴⁸ Eller eventuelt etablere seg i en ny stabil (likevekts)situasjon (Tompkins & Adger 2003).

⁴⁹ “[The system’s] ability or capacity to modify or change characteristics or behaviour so as to cope better with existing or anticipated external stress” (Adger et al. 2004:34).

Den biofysiske sårbarheten – risikoen for et system å bli utsatt for skadelige klimaeffekter – kombinert med systemets sosioøkonomiske sårbarhet definerer til sammen det samfunnsmessige utfallet av (eller risikoen for) skader og ødeleggelser, eventuelt for de goder som vil kunne oppstå. Sosial sårbarhet er med andre ord innebygd ("inherent"; Adger et al 2004: 30) i den totale sårbarheten. Denne "tolagsdefinisjonen" av sårbarhet ligger tett opp til forståelsen av sårbarhetsbegrepet slik den mer allment er blitt utviklet i litteraturen om bærekraftig utvikling (Turner et al 2003; APF, Technical Paper 3).

Evnen til å håndtere klimarisiko vil avhenge av i hvilken grad det skjer en institusjonell og organisatorisk tilpasning til å møte utfordringer som kjennetegnes av stor grad av usikkerhet. I studiet av lokal sårbarhet synes det derfor mest naturlig å se på effekter av klimahendelser – eller miljøfarer mer allment – som effekter av eksterne drivkrefter som kommer *i tillegg til* det sammensatte bildet av sosioøkonomiske og politiske faktorer som forårsaker endring, inngir usikkerhet og kan skape lokal sårbarhet.

5 Regionale sårbarhetsstudier – skisse til en pilotstudie

5.1 Hvorfor regionale studier?

Tilpasning til klimaendringer impliserer spørsmål om sosioøkonomisk kontekst og skala (Clark et al 2000). I norsk sammenheng betyr det en situasjon kjennetegnet av betydelig variasjon i regioners avhengighet av å kunne utnytte naturressursene som basis for økonomisk aktivitet. Naturressursgrunnlaget avgjør bosettingsmønster, sysselsetting, levekår og demografisk utvikling. Det synes ganske åpenbart at studier av klimaeffekter må knyttes nært til etablerte faglige tradisjoner og metoder for studier av regional utvikling og evaluering av de politiske virkemidler som lanseres for å rette opp regional ulikhet og ubalanse. REGUT-programmet under Norges Forskningsråd er en typisk representant for denne tradisjonen hvor regioner og landsdeler med ulik sosioøkonomisk basis blir sammenliknet med hensyn til kritiske faktorer – trusler og muligheter – for fremtidig utvikling. Å studere effekter av klimaendring, ikke minst i hvilken grad klimaendringene gjør Norge mer sårbart, bør angripes med samme tilnærming.

Regionale studier av klimaendringers konsekvenser effekter kan ha flere formål. Studiene bør:

- bidra til å skape økt bevissthet omkring effektene av de endringer i klimaet som med stor sannsynlig vil skje i Norge og den type samfunnsmessige utfordringer de vil utgjøre
- bidra til å synliggjøre (og sannsynliggjøre) hvordan klimaendringer vil kunne påvirke natur- og næringsgrunnlag, sosiale forhold og levekår i ulike deler av landet

- undersøke i hvilken grad ulike regioner, næringer og befolkningsgrupper vil kunne være særlig sårbare for endringer i klima
- bedre det kunnskapsmessige grunnlaget for å vurdere/modellere økonomiske og sosiale konsekvenser i kvantitative og/eller kvalitative termer av (langsiktige) endringer i klimatiske forhold
- gi grunnlag for å vurdere hvordan offentlige institusjoner, det sivile samfunn og enkeltindivider kan møte, tilpasse seg og handle i forhold til klimautfordringene på kort og lang sikt

Innenfor rammen av det strategiske instituttprogrammet ”Regionale og lokale effekter av og tilpasninger til klimaendringer” har NIBR satt i gang et pilotforsøk i Hedmark fylke for å utvikle et opplegg for regionale *sårbarhetsstudier* i området vi omtaler som ”Østerdalene” og som omfatter dalførene Østerdalen og Rendalen. Dette er et område som særpreges av temmelig ensidig næringsgrunnlag innenfor skog og jordbruk, hvor vannet i Glomma både er en ressurs og en trussel og hvor vinterturisme har vært noe av en næringsmessig redningsplanke. Hva vil skje om snøen i framtida ikke faller like rikelig, tidlig og seint? Eller er det helt andre forhold enn klimaet – tømmerpriser, globale markeder, demografisk utvikling – som vil bli de tunge drivkreftene som avgjør ”Østerdalenes” framtidige utvikling? Rapporten avsluttes med å gi en oppsummering av opplegget for denne pilotstudien.

5.1.1 Sårbarhet og tilpasning som fokus

Ressursbaserte og klimautsatte sektorer som jordbruk, skogbruk, fiske og fiskeoppdrett, samt turisme utgjør den avgjørende økonomiske basis i områder hvor det er forventet at de globale klimaeffektene vil ramme hardest. Forskningsprogrammet RegClim, som har utviklet scenarier for de globale klimautsiktens betydning for Norge, viser store regionale variasjoner i forventede klimaeffekter mot midten av dette århundret. Selv om usikkerheten er betydelig, konkluderer scenariene med at de største effektene kan forventes å skje på Vestlandet og i Nord-Norge. Dette er områder som i stor grad er avhengig av ressursbasert næringsliv og hvor sysselsetting og bosetting preges av dette. Innlands-Norge vil også rammes av klimaendringene, men trolig mindre dramatisk. Dette er imidlertid områder som kan være sårbare på grunn av andre sider ved sin sosioøkonomiske og demografiske struktur.

Effekter av klimaendring i disse områdene vil komme i tillegg til en rekke andre faktorer som er med på å bestemme økonomisk og sosial utvikling i områder med ensidig næringsgrunnlag og kritisk demografisk utvikling. Forskningsprogrammet REGUT avdekket betydelig ubalanse mellom norske regioner med hensyn til sosiale, økonomiske og demografiske framtidssikter. Enkelte regioner er mer enn andre utsatt for forandringer i eksterne rammevilkår og drivkrefter som for eksempel globale markedspriser og internasjonale reguleringer (WTO) så vel som nasjonal politikk og virkemidler.

Hovedformålet med pilotstudien å utvikle og utprøve en modell for gjennomføring av *regionale* sårbarhetsstudier i Norge i områder hvor klimaendringer vil addere seg til en rekke andre tunge utviklingstrekk og -trusler. Pilotstudien er både kombinert forskningsprosjekt og et utviklingsprosjekt. Prosjektet skal for det første skape kunnskap om i hvilken grad den aktuelle delen av Hedmark fylke vil kunne utsatt for negative og/eller skadelige hendelser utløst av klimafaktorer. Denne kunnskapen ligger til grunn for en analyse av hvor sårbart området er for konsekvensene av mulige endringer i klimaet. Deretter vil vi studere hvordan befolkning, viktige næringer og lokalsamfunn kan tilpasse seg eller motvirke effektene både av nåværende og framtidige klimautløste hendelser. Det kan for eksempel bety å

- sikre at teknisk og bygningsmessig infrastruktur er mest mulig robust mot farer og påkjenninger utløst av klimatiske forhold
- øke fleksibilitet og motstandskraft i natursystemer som styres og forvaltes av mennesker og i næringer som avhenger av naturressursene
- redusere negative (eller å utnytte positive) følger for særlige grupper og områder
- øke samfunnets oppmerksomhet og bevissthet om effekter av klimaforhold på dagens og framtidens livsbetingelser og levekår
- integrere effekter av klimaforhold og -endringer i offentlig og næringsmessig planlegging og beredskap.⁵⁰

Vi har imidlertid ingen ferdige metoder som umiddelbart er egnet til å studere dette. Pilotprosjektet er på samme tid en fullskala metodeutvikling og en løpende evaluering av det som skjer etter hvert som prosjektet tar form og produserer resultater gjennom de tre årene det vil vare.

⁵⁰ Målene samsvarer ganske nært med det formålet for ”adaptation studies” i *Adaptation Policy Framework* (UNDP 2004).

Utviklingen innenfor studier av klimaeffekter har de siste årene skiftet fokus. Kyotoprotokollen ble først gyldig etter at Russland sluttet seg til. USA, som står for en firedel av de globale utslippene av klimagasser, har besluttet ikke å ratifisere avtalen. I kjølvannet av den store usikkerheten som derfor knytter seg til effekten av Kyotoavtalen, er mye av oppmerksomheten flyttet fra virkemidler rettet mot utslippsreduksjon til politikk og virkemidler for tilpasning til klimaendringer. Omfattende vitenskapelig dokumentasjon peker på at tiltakene etter Kyotoavtalen alene ikke vil være tilstrekkelige for å reversere de klimaendringene som allerede er i gang. En eller annen form for tilpasning til det som skjer, er nødt til å finne sted. Særlig kritisk er situasjonen i en lang rekke klimautsatte utviklingsland (Tompkins & Adger 2003), men også i et ganske "klimarobust" land som Norge vil det være både regioner, lokalsamfunn og næringer som i større grad enn andre vil være sårbare hvis endrede klimaforhold viser seg å svekke nærings- og livsgrunnlag (O' Brien et al 2003).

Større fokus på tilpasning endrer naturligvis ikke på behovet for å angripe klimaproblematikken ved kilden: tiltak for å redusere utslipp av drivhusgasser. Å samtidig satse på tilpasning til klimaendringer som kanskje – eller til og med høyst sannsynlig – kommer, dreier seg først og fremst om å "hverdagsliggjøre" klimaproblemene og trekke dem inn i planer og beslutninger hvor de til nå har vært fraværende. Tilpasningsstudier er på mange måter å sette "føre-var" prinsippet ut i praksis.

5.2 Stegvis tilnærming og bred deltakelse

Sett fra offentlig sektor vil klimaspørsmål i stor grad berøre – og også i stor grad måtte løses gjennom – utformingen av politikk og virkemidler i miljøpolitikken og innenfor næringspolitikken i særlig ressursavhengige næringer. I tillegg vil planleggings- og beredskapsforvaltningen være av stor betydning med sitt ansvar for forebyggende tiltak eller direkte innsats i katastrofesituasjoner. Privat og individuelt vil klimahendelser kunne ramme *alle*, hvilket reiser spørsmål om rettighets- og kompensasjonsspørsmål for de som berøres. Dette impliserer at å studere samfunnsmessig tilpasning innebærer å trekke inn et bredt knippe aktører.

Forvaltningssektorer og næringer som rent generelt har dokumentert sårbarhet overfor klimahendelser har vært landbruket (skog og jordbruk, reindrift), forvaltning av natur- og kulturlandskap, fysisk infrastruktur som forsynings- og transportnettverk og bygninger,

vannressurser, friluftsliv og turisme. Dette er også utgangspunktet for å definere og utforme områdestudier. I en tilpasningsstudie for ”Østerdalene” som definert ovenfor, tar vi utgangspunktet i fire sektorer som hver på sin måte er sårbare for klimahendelser:

- Landbruk (med særlig vekt på skogbruk)
- Teknisk infrastruktur (veier, energinett og kommunaltekniske installasjoner)
- Vannressurser med særlig vekt på magasinering og regulering
- Turistnæringen (med særlig vekt på vinterturisme)

I første omgang er det satt i gang en studie av skogbruket, den største næringen i Hedmark. Med erfaringer herfra, og avhengig av finansieringsutsiktene, vil det senere kunne settes i gang tilsvarende studier av de andre sektorene. Det er satt ned en arbeidsgruppe med bred representasjon fra berørte interesser og ressurspersoner som i samarbeid med forskere fra NIBR og andre forskningsinstitusjoner vil være både data- og kunnskapskilde og sørge for at studiens holder fokus på regionale forhold. Deltakerne representerer ulike interesser og faglige ståsteder:

”Berørte”:	Representanter for næringer, interessegrupper (også enkeltindivider) som typisk har vært eller er rammet/berørt av klimahendelser (eller kan tenkes å bli det)
”Kunnskapsbærere”:	Representanter for kunnskaps- og fagmiljøer med ekspertkunnskap og/eller (historisk) erfaring om hyppighet, utstrekning og omfang av klimahendelser og deres effekter
”Policyansvarlige”:	Representanter for offentlig forvaltning med ansvar for utforming og gjennomføring av policy og virkemidler samt tilsyn/overvåkning på den aktuelle sektoren
”Leverandører”:	Representanter for teknologiske, finansielle leverandører, samt forskningsmessige støttefunksjoner
”Informatører”	Representanter som kan ivareta opplysnings- og formidlingsfunksjoner

Bred deltakelse er nødvendig for å sikre et godt kunnskaps- og datagrunnlag for sårbarhetsanalysen. Ressurspersonene skal hjelpe oss

med å avklare hvordan tiltak og virkemidler kan utformes slik at systemet kan møte, avbøte og tilpasse seg truende klimahendelser, eksisterende og framtidige.

5.2.1 Skrittvis tilnærming

Prosjektopplegget er en utredningsprosess i fire atskilte trinn, hvert av dem med avsluttende evaluering og eventuell korleksjon av kursen videre.

Trinn I omfatter utforming og organisering av pilotstudien. De viktigste elementene i dette trinnet er å finne fram til et antall nasjonale, regionale og lokale ”nøkkelaktører” innenfor de aktuelle sektorene. Et viktig punkt er å formulere et omforent mål for arbeidet og bygge opp en felles forståelse blant deltakerne om faglig og praktisk tilnærming i tråd med den ”konseptmodellen” som er utviklet. Mye innsats vil kreves inn for å etablere et felles kunnskapsgrunnlag. Det innebærer en kartlegging av tilgjengelige skriftlige og muntlige informasjons- og datakilder – både vitenskapelig dokumentasjon, statistikk, lokalhistoriske nedtegnelser og muntlige overleveringer.

Trinn II er sårbarhetsstudien sine første større milepæl, nemlig å beskrive og vurdere dagens sårbarhetssituasjon på grunnlag av foreliggende kunnskap hentet fram fra *eksisterende* informasjons- og datakilder. Det innebærer en kartlegging av studieområdet sine sosioøkonomiske basis med utgangspunkt i foreliggende regionaløkonomiske analyser, fylkesplan, kommuneplaner osv.

- Grunnlaget for ressursbaserte næringer (skog- og jordbruk, turisme).
- Næringsstruktur og sysselsettingsutvikling
- Demografisk situasjon og utvikling
- Samfunnsmessig (teknisk) infrastruktur
- Planleggings- og beredskapssituasjonen mht. naturkatastrofer og ulykker

Mot dette bakteppet vil vi vurdere de fire sektorenes generelle sårbarhet (fysisk, økonomisk og sosialt), deres tilpasningsevne og kapasitet til å takle endringer. Deretter vil vi ”legge på” klimafaktorene. Arbeidsgruppene vil spille en viktig rolle i arbeidet med innsamling og syntetisering av foreliggende kunnskap og dokumentasjon av klimaets betydning for disse sektorene, og for *historiske* klimarelaterte hendelser og deres effekter. Hva hendte hvor,

i hvilket omfang og med hvilke konsekvenser og ringvirkninger? Hva er hovedfaktorer, eventuelt terskelverdier, ved klimautløste (negative) hendelser eller ulykker? På dette grunnlaget vil arbeidsgruppene vurdere hva som utgjør særlig sårbare områder og grupper, dvs. der det skjer hyppige, store og skadelige utfall, eller hvor kritiske terskelverdier blir overskredet. Et viktig element blir å finne indikatorer for klimasårbarhet i de aktuelle sektorene. På hvilke måter og i hvilket omfang er forholdene i sektorene følsomme for klimapåvirkning i dag? Hva er de avgjørende/kritiske klimaparametrene? I dette arbeidet er vi avhengig både av bistand fra klimaforskere og innsats fra ekspertise med kunnskap om hvordan klimafaktorer påvirker biofysiske forhold, drifts- og produksjonsvilkår i de fire sektorene. Samarbeid med klimaforskere (RegClim) vil være helt avgjørende her.

En siste oppgave for arbeidsgruppene i denne prosjektfasen vil være å vurdere hvordan og hvor effektivt dagens forvaltninger, rådende politikk og virkemidler håndterer klimautløste hendelser og sårbarhet. Hva blir, eller forutsettes, gjort av hvem, på hvilke stadier, intervensjonspunkter og -nivåer og med hvilket apparat? Er det trekk ved dagens utvikling som vil bidra til å øke eller redusere effektene av klimautløste hendelser – for eksempel folks oppfatning av risiko og økonomisk "tålegrense"?

Trinn III i studien vil være vurdering av framtidig klimarisiko. Denne fasen i pilotstudien avhenger av to kritiske faktorer. For det første må det foreligge troverdige klimascenarier med en tidshorison og detaljeringsgrad som gjør det mulig – dvs. interessant, relevant, troverdig og realistisk – å vurdere effekter av klimaendring på en måte som gir grunnlag for handling *i dag*. Om det vil være mulig å utvikle troverdige klimascenarier, avhenger av i hvilken grad det er mulig å nedskalere globale klimadata eller om vi må sette vår lit til mindre avanserte metoder for å "projisere" sannsynlig klimautvikling. Kanskje må vi rett og slett antyde et sannsynlig spekter for visse kritiske klimaparametere: "Gitt at sannsynligheten for 100 års flom kan øke med 20 %, hva da?"

For det andre må vi også kunne utvikle et rimelig og troverdig sosioøkonomisk scenario som de framtidige klimautsiktene kan koples opp mot. Effekter av endringer i klimaforhold vil være mer eller mindre betydningsfulle *tilleggseffekter* i forhold til de interne og eksterne drivkrefter som er med på å bestemme framtidig sosial, demografisk og økonomisk utvikling i "Østerdalene". For begge typer scenarier dreier det seg om hvordan den betydelige *usikkerheten* i slike framtidbilder kan håndteres kunnskapsmessig og metodisk som

grunnlag for diskusjoner med involverte interesser og berørte grupper. Hvordan betydningen av usikkerhet og utfallssannsynlighet skal formidles og behandles, blir en faglig hovedutfordring både i forhold til klimascenariene og i vurderingen av trender og drivkrefter i samfunnsutviklingen.

Hovedtilnærmingen i trinn III vil være en dialog med faglig ekspertise og representanter for grupper, sektorer og forvaltninger som blir ansett som potensielt mest berørt. Hvor stor betydning har egentlig klimaforhold for ulike sektorer, hvordan og hvor kan de i tilfelle bli kritiske og særlig avgjørende? Hva om Y skjer på klimafronten, og den sosioøkonomiske utviklingen i tillegg går i Z-retningen? ”Hva – hvis..”- dialog og analyse av sterke og svake sider, utfordringer og hindringer (SWOT-analyse) kan være mulige metoder for å avdekke tilpasnings- og handlingsalternativer.

Målet er at pilotprosjektet skal kunne bidra til å peke ut hovedelementene i en regional klimatilpasningsstrategi for ”Østerdalene”. Dette vil være hovedformålet i det siste trinnet av prosjektet. Det innebærer å gjøre en vurdering av regionens kapasitet til å foreta tilpasning til framtidige klimaendringer i lys av det sårbarhetsbildet som framstår når vi ser hvordan dagens situasjon håndteres.

Det siste året har norske media blitt åpenbart mer opptatt av klimahendelser. Medias oppslag mangler slett ikke dramatikk. Håpet er at prosjektet kan være med på å plassere spørsmål om klimatilpasning og klimaberedskap på den offentlige dagsordenen på en litt mindre dramatisk, men ikke mindre alvorlig, måte. Det er ikke nok bare å diskutere for og mot gasskraftverk eller hvordan Norge på den billigste måten skal innrette seg for å tilfredsstille kravene i Kyotoavtalen. For å si det med et munnhell: ”Klimaendringer er kommet for å bli.” Spørsmålene blir da hvordan vi takler dem, hvem som rammes og hvordan byrdene skal fordeles.

Litteratur

- Aall, C. & Norland I.T. (2003); Indikatorer for vurdering av lokal klimasårbarhet. VF Prosjektrapport 15/03. Sogndal/Oslo, Vestlandsforskning, ProSus.
- Arctic Climate Impact Assessment (ACIA) (2004); *Impacts of a Warming Arctic: Arctic Climate Impact Assessment. Overview report (Conclusions)*. Cambridge, Cambridge University Press.
- APF (Adapation Policy Framework) (2004a); *User's Guidebook for the Policy Adapation Framework*. New York, UNDP/GEF. (http://www.undp.org/cc.apf_outline.htm).
- APF (Adapation Policy Framework) (2004b); Technical Papers 1-9. New York, UNDP/GEF. (http://www.undp.org/cc.apf_outline.htm).
- Adger, N. (2000); "Institutional Adaptation to Environmental Risk under the Transition in Vietnam" *Annals of Association of American Geographers* 90 (4), 2000:738-758.
- Adger, N., N. Brooks, G. Bentham, M. Agnew, S. Eriksen (2004); New indicators of vulnerability and adaptive capacity. Tyndall Centre for Climate Change Research. Technical Report 7.
- Benestad, R. (2002); "Empirically downscaled multi-model ensemble temperature and precipitation scenarios for Norway" *Climate* 15, 3008-3027.
- Bjørge, D., J.E. Haugen and T.E. Nordeng (2000); Future climate in Norway, Research report No. 103. Oslo, Det norske meteorologiske institutt.

- Burton I., B. Challenger, S. Huq, R.J.T. Klein & G.Yohe (2001); "Adapation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity" I IPCC (2001); *Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- Burton, I., S. Huq, B. Lim, O. Pilifsova, E.M. Schipper (2002); "From impacts assessment to adaptation priorities: the shaping of adaptation policy." *Climate Change Policy* 2 (2002): 145-159.
- Burton, I., J.B Smith, S. Lenhart. "Adaptation to Climate Change (1998); Theory and Assessment". In *Handbook on Methods for Climate change Assessment and Adaptation Strategies* (Chapter 5). United Nation Environment Programme (UNEP).
- Carter T. & S. Kankaanpää (2004); *A Preliminary Examination of Adaptation to Climate Change in Finland*. Finnish Environment Institute (SYKE):640.
- Chalecki, E, & P.H. Gleick (1999); "A framework of ordered climate effects on water resources: A comprehensive bibliography". *Journal of the American Water Resources Association* Vol 35, no 6: 1657-1665.
- Clark, W.C, J. Jäger, R. Corell, R. Kasperson, J.J. McCarthy, D. Cash, S.J. Cohen, P. Desanker, N.M. Dickson, P. Epstein, D.H. Guston, J.M. Hall, C. Jaeger, A. Janetos, N. Leary, M.A. Levy, A. Luers, M. MacCracken, J. Melillo, R Moss, J.K. Nigg, M.L. Parry, E.A. Parson, J.C Ribot, H-J. Schnellhuber, D:P. Schrag, G.A. Seielstad, E. Shea. C. Vogel, T.J. Wilbanks (2000); *Report of the Workshop on Vulnerability to Global Environmental Change: Challenges for Research, Assessment and Decision Making*. May 22-25 2000. Warrenton, Virginia. Belfer Center for Science and International Affairs. Discussion Paper 2000-12, Environment and Natural Resources Program, Kennedy School of Government, Harvard University.
- Consortium for International Earth Science Information Network (CIESIN). 1995. *Thematic Guide to Integrated Assessment Modelling of Climate Change* University Center, Mich. CIESIN (<http://sedac.ciesin.org/mva/iamcc.tg/TGHP.html>)

- Cutter, Susan L. (2003); The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability. Presidential Address. *Annals of the Association of American Geographers*, 93 (1), 2.
- EEPIP: European Environmental Pressure Indices Project (1999, draft version); http://esl.jrc.it/envind/theory/handb_01.htm
- Emmelin L. og T. Kleven (1999); *A Paradigm of Environmental Bureaucracy? Attitudes, thought styles and world views in the Norwegian environmental administration*. NIBR Plus Series 5-99, Oslo, Norwegian Institute for Urban and Regional Research.
- Farsund, A. og S. Johansen m.fl. (1997); *Distriktsmessige konsekvensutredninger. Konsekvenser av politikkendringer*. Samarbeidsrapport NIBR/Rogalandsforskning.
- Førland, E., L.A. Roald, O.E Tveito, (2000); *Past and future variations in climate and runoff in Norway*. Report 19/00. Oslo, Norwegian Meteorological Institute.
- Grønås, Sigbjørn (2003); "Regionale klimaendringer under global oppvarming". *Plan 5/2003*:9.
- Hanssen-Bauer, I. and E. Førland (1998); *Annual and seasonal precipitation variations in Norway 1896 – 1997*. Report 27/98, Det norske meteorologiske institutt, Oslo.
- Hanssen-Bauer I., E. Førland, J.E.Haugen and O.E.Tveito (2003); "Temperature and precipitation scenarios for Norway: comparison of results from dynamical and empirical downscaling". *Climate Research* 25:15-27.
- Harvold K., T Kleven og B. Moen (2004): "Klima i endring; noen overordnede refleksjoner om klimatilpasning". *Regionale Trender 2/2004* (s. 9-14).
- Holtmark B. og K. Alfsen (2005): "Kyotoavtalen – et feiltrinn?" *Cicerone 2-2005* (s.16-17).
- Hulme, M. (2002); "Frameworks for an integrated global climate change policy". Science Week Seminar on Environment, The Parliamentary and Scientific Committee 14 March 2002.
- IPCC (2001a); *Climate Change 2001: Synthesis Report*.

- IPCC (2001b); *Climate Change 2001: The Scientific Basis*. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of IPCC. [J.T. Haughton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Nouger, P.J. van der Linden, X. Dai, K.Maskell, C.A Johnson (eds.)] Cambridge, New York, Cambridge University Press.
- IPCC (2001c); *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Technical Summary. Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC (2001d); *Special Report on Emission Scenarios*.
- Kasperson R.E. & J. X. Kasperson (2001); *Climate change, vulnerability and social justice*. Stockholm, Stockholm Environment Institute og Sida.
- Kleven, T. (1999); "Hva har MILKOM-programmet gitt av ny kunnskap om kommunal planlegging?" *Regionale trender* 1/99.
- Kleven T., K. Harvold og B.Moen (2004); "Hvordan kan vi tilpasse oss til fremtidige klimaendringer?" *Regionale trender* 2/2004:14-22
- Lindseth G. (2003); *Addressing Climate Adaptation and Mitigation at the Local and Regional Level: Lessons for Norway*. Report 3/03. Program for Research and Documentation for a Sustainable Society (ProSus); Centre for Development and Environment, University of Oslo.
- London's Warming. Impacts of Climate Change on London*. London Climate Change Partnership (2002).
<http://www.london.gov.uk/gla/publications/environment.jsp>
- Lygna, L., S. Eriksen, K. O'Brien & L.O. Næss (2004); *Climate Change in Norway: Analysis of economic impacts and adaptations*. CICERO Report 2004:12. Oslo, CICERO Senter for klimaforskning.
- Miljøverndepartementet (2002); *Norway's third international communication under the Framework Convention of Climate Change*.
- Moss, R. & S.H. Schneider (2000); "Uncertainties in the IPCC TAR: Recommendations to lead authors for more consistent

assessment and reporting”. (Guidance Paper to Cross Cutting Issues in TAR).

Norges forskningsråd (2002); *Rikets miljøtilstand 2030 – et fremtidsbilde*

Nenseth V. (2003);

NOU (2005:5); *Enkle signaler i en kompleks verden*

O’Brien K., S. Eriksen, A. Schjolden, L. Nygaard (2004); “What’s in a word? Conflicting interpretations of vulnerability in climate change research .“CICERO Working Paper 2004:04 CICERO. Oslo, Center for International Climate and Environmental Research.

O’Brien K., G. Aandahl, G. Orderud og B. Sæther (2003); ”Sårbarhetskartlegging – et utgangspunkt for klimadialog”. Plan nr 5/2003: 12-17.

Onsager K. og T. Selstad (red. 2004); *Regioner i utakt*. Trondheim, Tapir Akademisk Forlag

Prestrud P. (2003); Blir været mer ekstremt? *Cicerone 5-2003*

RegClim (2002); Mer variabelt vær om 50 år. Mer viten om usikkerheter.

RegClim (2002b); Klimaet i Norge om 50 år.

RegClim (2005); Norges klima om hundre år. Usikkerheter og risiko.

Regeringsproposition Ds 2001:71; Sveriges tredje nationalrapport om klimatförändringar.

Risbey J., M Kandlikar & A. Patwardhan (1995); ”Assessing Integrated Assessment” Submitted to Climatic Change I CIESIN.

Skaugen, T.E., I Hanssen-Bauer & E. Førland (2002a); Adjustment of dynamically downscaled temperature and precipitation data in Norway. Oslo, Det norske meteorologiske institutt. Report 20/02.

- Skaugen, T.E., O. E. Tveito (2002b); Growing degree-days. Present conditions and scenario for the period 2021-2050. Oslo, Det norske meteorologiske institutt. Report 02/02.
- Skaugen, T.E., O. E. Tveito (2002c); Heating degree-days. Present conditions and scenario for the period 2021-2050. Oslo, Det norske meteorologiske institutt. Report 02/02
- Smit B., O. Pilifosova et al. (2001); "Adaptation to Climate Change in the Context of Sustainable Development and Equity". Climate Change 2001. Contributions of Working Group II to the Third Assessment Report. UNEP, WMO
- Tompkins E.L. & W.N.Adger (2003); Building resilience to climate change through adaptive management of natural resources. Working Paper 27; Tyndall Centre for Climate Change Research.
- Turner II, B.L., R.E. Kasperson, P.A. Matson, J.J McCarthy, R.W. Corell, L. Christensen, N.Eckley, J.X Kasperson, A. Luers, M. L. Martello, C. Polsky, A. Pulsipher, A. Schiller (2003): "A framework for vulnerability analysis in sustainability science." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States, vol. 100, no. 14 (July 2003).
- UK Climate Impact Programme (UKCIP) (2001); *Socio-economic scenarios for climate impact assessment: a guide to their use in the UK Climate Impacts Programme*. UKCIP, Oxford.
- UNDP/GEF (2004); *User's Guide Book for the Adaptaion Policy Framework*.
- UNDP/GEF (2004); *Technical Papers 1-9*
- Warming up the Region*. Yorkshire and Humber Climate Impacts Scoping Study (2002);
http://www.ukcip.org.uk/climate_impacts/climate_impacts.html
- Weale A. (1992); *The new politics of pollution*. Manchester & New York, Manchester University Press
- Weart S. (2004); *The Discovery of Global Warming*. Harvard University Press. (<http://www.aip.org/history/climate/chaos/htm>).

Willows R.I & R.K. Connell (eds.) (2003); Climate Adaptation: Risk, uncertainty and decision-making. UKCIP Technical Report May 2003, UKCIP, Oxford

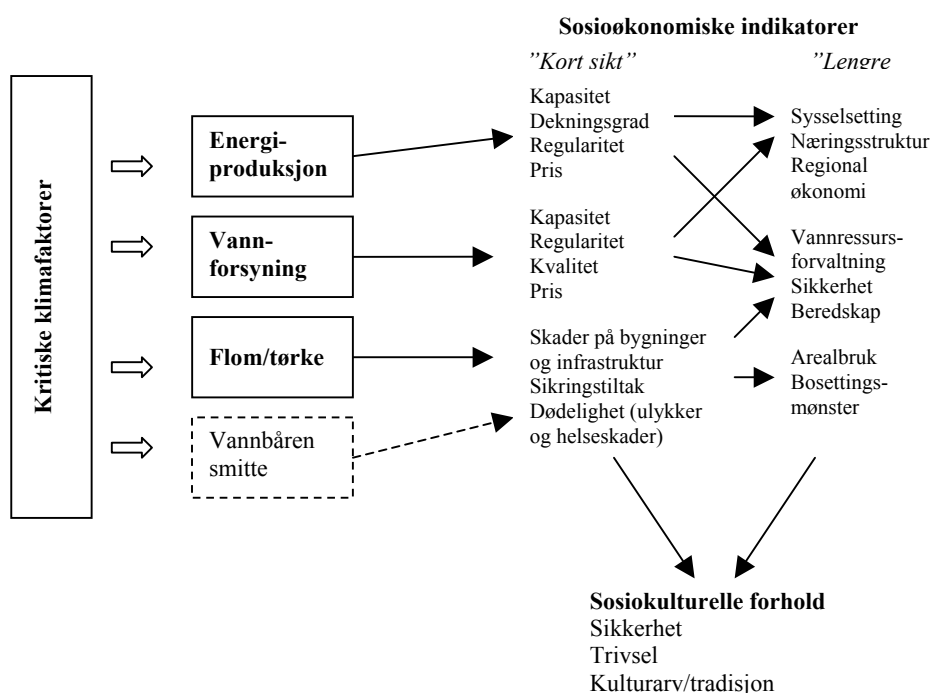
Yohe G. & R.S.J. Tol (2002); "Indicators for social and economic coping capacity - moving toward a working definition of adaptive capacity" Global Environmental Change 12:25-40.

Vedlegg 1

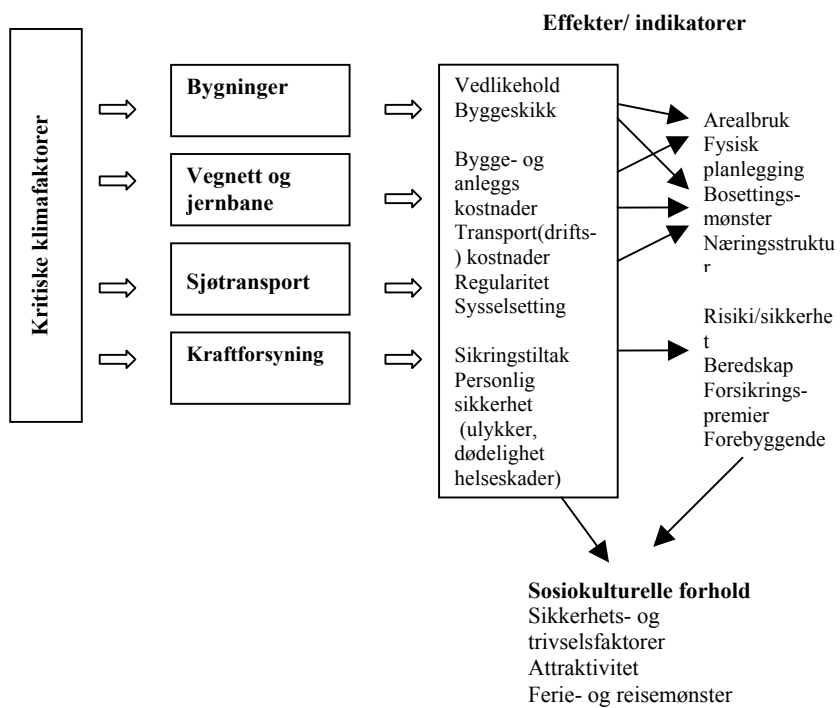
– eksempler på effektmodeller (prinsippskisser)

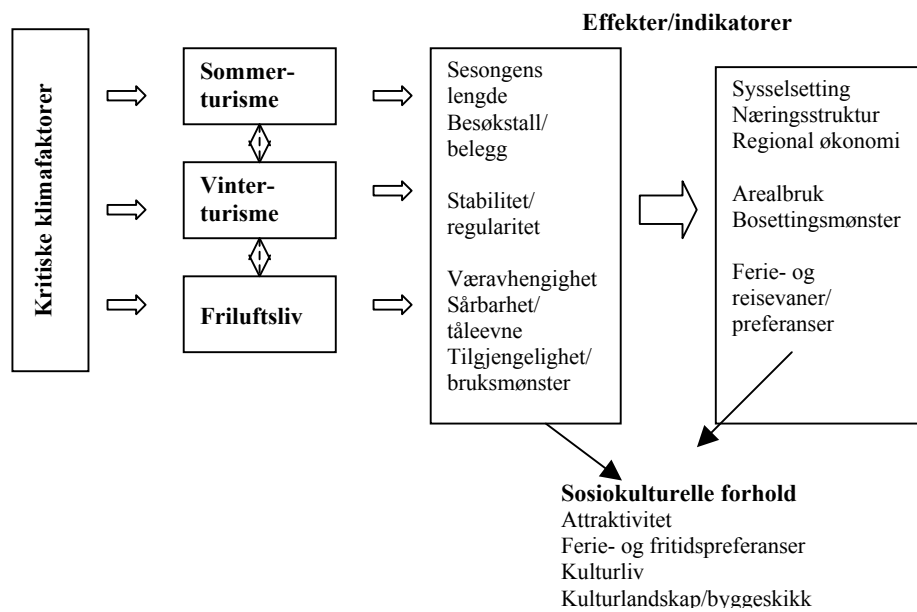
Nedenstående figurer viser aktuelle elementer i noen grunnmodeller (prinsippmodeller) for en del aktuelle sektorer i norsk sammenheng og som kan være utgangspunkt for utvikling og avgrensning av mer sammensatte og komplekse årsaksvirkingskjeder (jfr. avsnitt 3.2.2)

Figur V.1 *Effektmodell for vann*



Figur V.2 Effekter for bygninger og fysisk infrastruktur



Figur V.3 *Effekter for turisme og friluftsliv*Figur V.4 *Effekter for helse og trivselsfaktorer*