SINTEF

Bjerknes Centre for Climate Research

WESTERN NORWAY RESEARCH INSTITUTE
VESTLANDSFORSKING
www.vestforsk.no

Vestlandsforskingsrapport nr. 4/2011

Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur

Sluttrapport

Carlo Aall (red.)

Vestlandsforsking, Pb 163, 6851 Sogndal • Tlf.: 57 67 61 50 • Faks: 57 67 61 90

Vestlandsforsking rapport

Tittel
Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Sluttrapport

Rapportnummer 4/2011
Dato 31.01.2011
Gradering Åpen

Prosjekttittel
Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur

Antall sider 86
Prosjektnr 6191

Forskere
Carlo Aall (Vestlandsforsking), Kyrre Groven (Vestlandsforsking), Eli Heiberg (Vestlandsforsking), Cecilie Flyen Øyen (SINTEF), Leif Sigurd Hafskjold (SINTEF), Martin Miles (Bjerknessenteret), Idun Husabø (Vestlandsforsking) Oddbjørn Gjerde (SINTEF)

Prosjektansvarlig
Carlo Aall (Vestlandsforsking)

Oppdragsgiver
KS forskning

Emneord
Klimatilpasning, klimasårbarhet, fysisk infrastruktur, kommune, fylkeskommune

Andre publikasjoner frå prosjektet

Aall, C. (red) (2010): *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Delrapport 1: Oppsummering av kunnskapsstatus*. VF-rapport 5/2010. Sogndal: Vestlandsforsking.

Miles, M. (2010): *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Delrapport 2: Klimaanalyse*. Bergen: Bjerknessenteret.

Aall, C. (red) (2011): *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Delrapport 3: Egne analyser av sårbarhet overfor klimaendringer belyst med eksempler fra ulike kommuner.* VF-rapport 1/2011. Sogndal: Vestlandsforsking.

Aall, C. (red) (2011): *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Delrapport 4: Egne analyser av tilpasningsmuligheter belyst med eksempler fra ulike kommuner.* VF-rapport 2/2011. Sogndal: Vestlandsforsking

Aall, C. (red) (2011): *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur . Delrapport 5: Egne analyser av forutsetninger og barrierer for tilpasning til klimaendringer belyst med eksempler fra ulike kommuner.* VF-rapport 3/2011. Sogndal: Vestlandsforsking.

Aall, C. (red) (2011): *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Sluttrapport.* VF-rapport 3/2011. Sogndal: Vestlandsforsking.

ISBN: 978-82-428-0305-4

Pris: 100 kroner

Forord

Dette er sluttrapport fra prosjektet "Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur" for KS-forskning som gjennomføres i et samarbeid mellom Vestlandsforsking, SINTEF og Bjerknessenteret.

Målgruppen for denne rapporten er ansatte i kommunene som skal arbeide med tilpasning til klimaendringer.

Det er en omfattende dokumentasjon fra prosjektet som sluttrapporten bygger på. Dette er:

- Delrapport 1: En oppsummering av eksisterende forskning omkrin klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Her har vi gått mye grundigere inn i tematikken enn det som er gjort i denne sluttrapporten.
- Delrapport 2: Egne framskrivinger utført av Bjerknessenteret av klimaparametre som antas å være relevant for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Her er det gitt tabellverdier for en rekke klimaparametre og fordelt regionalt som kan brukes direkte i lokale analyser.
- Delrapport 3: Egne analyser av sårbarhet overfor klimaendringer belyst med eksempler fra ulike kommuner og basert på klimaframskrivingene fra delrapport 2.
- Delrapport 4: Egne analyser av tilpasningsmuligheter belyst med eksempler fra ulike kommuner og basert på de sårbarhetene som er beskrevet i delrapport 3.
- Delrapport 5: Egne analyser av forutsetninger og barrierer for tilpasning til klimaendringer belyst med eksempler fra ulike kommuner og basert på de tilpasningstiltakene som er omtalt i delrapport 4.

Følgende personer har deltatt i å skrive sluttrapporten:

- Redigering og overordnet faglig ansvar: Carlo Aall (Vestlandsforsking)
- Norsk sammendrag: Carlo Aall (Vestlandsforsking)
- Engelsk sammendrag: Idun Husabø (Vestlandsforsking)
- Metodepresentasjon: Carlo Aall (Vestlandsforsking)
- Klima: Martin Miles (Bjerknessenteret)
- Arealforvaltning: Eli Heiberg (Vestlandsforsking)
- Vannforsyning og avløpshåndtering: Leif Sigurd Hafskjold (SINTEF)
- Offentlige bygg: Cecilie Flyen Øyen (SINTEF), Kyrre Groven (Vestlandsforsking)
- Offentlig transport og transportinfrastruktur: Kyrre Groven (Vestlandsforsking)
- Kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon: Cecilie Flyen Øyen (SINTEF), Oddbjørn Gjerde (SINTEF), Kyrre Groven (Vestlandsforsking)

Det er ikke gitt en omtale av klimaanalysene fra Bjerknessenteret i denne rapporten. Vi har likevel tatt med en kortfattet omtale av denne i sammendraget. For mer informasjon henviser vi til selve klimaanalysen (delrapport 2).

Sogndal/Bergen/Oslo/Trondheim 31. januar 2011

Carlo Aall (Vestlandsforsking)

prosjektleder

Innhold

FIGURER OG TABELLER 5

SAMMENDRAG 7

SUMMARY 19

INNLEDNING 32

FORSLAG TIL METODER FOR ARBEIDET MED LOKAL KLIMATILPASNING 34

KATEGORIER AV KLIMASÅRBARHET 34
VURDERING AV RISIKO 35
VURDERING AV USIKKERHET 36
KATEGORIER AV KLIMATILPASNINGSTILTAK 37
PRIORITERING AV KLIMATILPASNINGSTILTAK 40
KATEGORIER AV HINDRINGER 42

EKSEMPEL PÅ METODE FOR ANALYSE AV LOKAL NATURLIG KLIMASÅRBARHET ANVENDT PÅ TEMA "BYGG" 44

OM METODEN 44
EKSEMPEL FRA LYNGEN PÅ LOKALE VURDERINGER 44

PROSJEKTETS ANALYSER 50

AREALFORVALTNING 50
OFFENTLIGE BYGG 62
VANNFORSYNING OG AVLØPSHÅNDTERING 66
TRANSPORT OG TRANSPORTINFRASTRUKTUR 69
KRAFTOVERFØRING OG ELEKTRONISK KOMMUNIKASJON 74

KONKLUSJONER 78

KLIMASÅRBARHET 78
KLIMATILPASNING 79
HINDRINGER 80
USIKKERHET 81
NYE FORMER FOR KLIMASÅRBARHET 82

LITTERATURLISTE 84

Figurer og tabeller

Tabell 1 Tema som vil bli analysert 32
Tabell 2 Indikatorer for den naturlige klimasårbarheten i kommunal og fylkeskommunal infrastruktur 34
Tabell 3 Indikatorer for den samfunnsøkonomiske klimasårbarheten i kommunal og fylkeskommunal infrastruktur 34
Tabell 4 Eksempel fra Sogn og Fjordane på variasjoner i forventede klimaendringer (eksempel endringer i nedbør fra 1961-90 til år 2050) 36
Tabell 5 Forslag til en typologi for usikkerhet ved analyse av sårbarhet for klimaendringer og vurdering av mulige tiltak for tilpasning til klimaendringer. Illustrert for temaet "bygninger" 37
Tabell 6 Forslag til hovedinndeling av lokale klimatilpasningstiltak 38
Tabell 7 Aktuelle kategorier av hindringer innen klimatilpasning 42
Tabell 8 Kommunale bygninger i Lyngen kommune, sortert etter bygningstype 45
Tabell 9 Klimascenario for Lyngen 2050 (verstefall) med tilhørende konsekvenser for bygninger. 46
Tabell 10 Eksempel på tiltak for tilpasning til klimaendringer for VA 68
***Tabell 11** Ulike tilpasningstiltak i veisektoren* 73
Tabell 12 De viktigste effektene av klimaendringer for kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon 74
Tabell 13 Oppsummering av våre vurdering omkring klimasårbarhet innen hver kategori av kommunal og fylkeskommunal infrastruktur 78
Tabell 14 Oppsummering av våre vurderinger omkring regional variasjon i den samlede klimasårbarheten innen hver kategori av kommunal og fylkeskommunal infrastruktur 78
Tabell 15 Forslag til tidsfaseinndeling av foreslåtte klimatilpasningstiltak og -strategier 80
Tabell 16 Fordeling av omtalte hovedkategorier av hindringer for samtlige analysetema på hovedkategorier av hindringer (N=66) 80
Tabell 17 Fordeling av omtalte underkategorier hindringer for samtlige analysetema på hovedkategorier av hindringer (N=69) 81
Tabell 18 Prosentvis fordeling av hvor ofte de ulike kategoriene av usikkerhet er omtalt innenfor alle våre kategorier av kommunal og fylkeskommunal infrastruktur 82

Figur 1 Prosjektets analysemodell 33
Figur 2 Eksempler på ulike framstilling av klimaframskrivinger 36
Figur 3 Til venstre, Lyngenhalvøya (kilde: geoNorge.no). Til høyre bygningene i Lyngen kommune markert som grønne prikker (kilde: PhD AJ Almås). Lengs til høyre, klimadata for Lyngen (Værstasjon "91260 Lyngseidet IV"). 45
Figur 4 Antall bygninger i Lyngen kommune som vil stå i vann ved 1 meter havnivåstigning (Kilde: PhD – A.J. Almås). 47
Figur 5 A: Lyngseidet, kommunesenteret i Lyngen (Foto: Svein Samuelsen). B: Sentrum av Lyngseidet i dag: og C: ved 1 meter havnivåstigning 47
Figur 6 Antall bygninger i ulike råterisikoklasser i Lyngen kommune i dag (blå) og for et HADA2 utslippsscenario for år 2100 (Kilde: PhD – A.J. Almås). 48
Figur 7 Forventede endringer fra 1960-90 til 2050 for nedbørsrelaterte klimaparametre som er relevante for jordbruksproduksjon 51
Figur 8 Forventede endringer fra 1960-90 til 2050 for temperaturrelaterte klimaparametre som er relevante for jordbruksproduksjon 51
Figur 9 Antall bosatte personer innenfor kartlagte områder for stein og snøskred pr 1000 innbyggere pr fylke 2008 og verstefallsscenario for forventede endringer i ekstremnedbør (Riksrevisjonen 2010, SSB 2010, egne klimaanalyser) 54
Figur 10 Indeksering av antall bosatte personer i områder kartlagt for 500 års flom (Riksrevisjonen 2010) og forventede endringer i vinternedbør og ekstremnedbør fram mot 2050. Vestfold er ikke kartlagt når det gjelder flomsoner 55
Figur 11 Regional variasjon i dagens potensial for nydyrking og forventet økning i vekstsesongen fram mot 2050 57
Figur 12 Råteindeks for Norge (Øyen, Almås, Hygen & Sartori 2010) 62
Figur 13 Forventede endringer i nedbør from mot 2050 ifht perioden 1960-1991 (klimamodellene som gir størst forventet økning) 67
Figur 14 Spillvannsnett fordelt på periode og andel fornyet spillvannsnett, gjennomsnitt for tre siste år 68

FIGUR 15 PROSENTVIS ENDRING FOR NEDBØR (HØST), EKSTREMNEDBØR (HØST), FRYSEPUNKTPASSASJER (ÅR)OG VINTERNTEMPERATUR (VIST I GRADER X 10) FRA PERIODEN 1961-90 TIL 2050. VERSTEFALLSCENARIO BLANT NEDSKALERINGER FRA FIRE KLIMAMODELLER. 70

FIGUR 16 SAMMENSTILLING AV VÅRE FORSLAG TIL HOVEDGREP FOR KLIMATILPASNING 79

FIGUR 17 ULIKE DIMENSJONER I EN SAMLET KLIMATILPASNINGSPOLITIKK 83

Sammendrag

Bakgrunn og gjennomføring av prosjektet

Dette er sluttrapporten fra prosjektet "Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur" for KS-forskning.

Prosjektet er gjennomført i samarbeid mellom Vestlandsforsking (prosjektledelse), SINTEF og Bjerknessenteret. Rådmannsgruppa i Sogn og Fjordane har vært referansegruppe. Det er gjennomført et drøftingsmøte mellom KS-forskning, rådmannsgruppa i Sogn og Fjordane, prosjektgruppa og representanter for det offentlige utvalget som i november 2010 la fram en offentlig utredning om klimatilpasning ("NOU klimatilpasning").

Prosjektet har utredet tre forhold:

- *Klimasårbarhet*: vurdere konsekvenser klimaendringene vil få for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur.
- *Klimatilpasning*: vurdere tiltak som kan gjennomføres innenfor kommunale sektorområder og innen kommunal og regional planlegging, gitt eksisterende klimaframskrivninger.
- *Hindringer:* vurdere hvilke hindringer som kan oppstå i arbeidet med klimatilpasning.

Med *fysisk infrastruktur* mener vi arealforvaltning, vannforsyning, avløps- og overvannshåndtering, offentlige bygg, offentlig transport, transportinfrastruktur og kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon. Med *kommunal* fysisk infrastruktur mener vi infrastruktur *eid* av kommuner eller fylkeskommuner, infrastruktur som disse har et primæransvar for å *drive* og annen offentlig infrastruktur der dette er *indirekte* relevant for kommunesektoren. Tabellen under viser en nærmere presisering av de tema som er analysert i prosjektet. I det videre gir vi en nærmere omtale av disse temaene.

Vi har i prosjektet lagt til grunn en todelt tilnærming til det å forstå klimasårbarhet, som igjen gir viktige føringer for det å utvikle klimatilpasningstiltak og forstå hindringer i klimatilpasningsarbeidet: Sårbarhet for klimaendringer og sårbarhet for samfunnsendringer. Samfunnets framtidige klimasårbarhet er en sumeffekt av hvordan klimaet og samfunnet endrer seg. Vi kan videre skille mellom en virknings- og årsaksinnretning av klimatilpasningsarbeidet. Et fokus på den ensidige effekten av klimaendringer kan lede oppmerksomheten ensidig i en virkningsinnretning, forstått som tiltak rettet inn mot en gitt virkning av klimaendringer (eks bygge rasvoller). Et fokus også på samfunnsendringer kan gjøre det enklere også å legge til grunn en årsaksinnretning av klimatilpasningsarbeidet, forstått som også å gjøre noe med prosesser som øker samfunnets eksponering for klimapåvirkning (eks endre utbyggingsmønsteret vekk fra områder med risiko for naturskade utløst av klimaendringer).

Prosjektet har i tillegg til den foreliggende sluttrapporten produsert fem fagrapporter: 1) Kunnskapsstatus om de samfunnsmessige konsekvenser av klimaendringer; 2) Klimaanalyser for klimaparametre som er viktige ifht fysisk infrastruktur; 3) Egne analyser av klimasårbarhet; 4) Egne forslag til klimatilpasningstiltak og –strategier; og 5) Egne analyser av hindringer for klimatilpasning

Videre er det produsert et firesiders popularisert sammendrag, lysarkpresentasjoner av hver av fagrapportene og av sluttrapporten, og en eksempelsamling med tekst klargjort for nettpresentasjon av våre forslag til metodikk og våre analyser av klimasårbarhet, klimatilpasning og hindringer for klimatilpasning (aktuelt å legge ut på www.ks.no eller www.klimatilpasning.no)

Det er to hovedresultater fra prosjektet: Forslag til metode for arbeidet med klimatilpasning innen kommunal og fylkeskommunal infrastruktur, og konkrete analyser av klimasårbarhet, forslag til klimatilpasning og gjennomgang av aktuelle hindringer for klimatilpasning.

Metode for arbeidet med klimatilpasning innen kommunal og fylkeskommunal infrastruktur

Prosjektet har utviklet forslag til hvordan kommuner og fylkeskommuner kan belyse følgende spørsmål:

- Hvordan skille mellom ulike typer klimasårbarhet?
- Hvordan forholde seg til risiko?
- Hvordan analysere usikkerhet?
- Hvordan skille mellom ulike typer klimatilpasningstiltak?
- Hvordan prioritere mellom ulike typer klimatilpasningstiltak?
- Hvordan identifisere mulige hindringer i klimatilpasningsarbeidet?

I prosjektet har vi skilt mellom tre typer *klimasårbarhet*:

- *Naturlig* sårbarhet: Klimaparametre: nedbør, temperatur, vind. Effektparametre: avrenning, havnivå og stormflo
- *Samfunnsøkonomisk* sårbarhet: Omfang og tap av dyrka og dyrkbarbark. Kvalitet på og nivå på drift/vedlikehold av fysisk infrastruktur. Lokalisering av fysisk infrastruktur
- *Institusjonell* sårbarhet: Tilgang på kompetanse, administrativ kapasitet, økonomiske ressurser, kunnskap, verktøy og virkemidler til å gjennomføre klimatilpasning

Det å prøve å forholde seg til muligheten for klimaendringer innebærer at man må bestemme seg for hvordan forholde seg til *risiko*. Vi kan tenke oss tre måter å gjøre dette på:

- Risikotaking: man tar utgangspunkt i de *minst* dramatiske framskrivingene av klimaendringer og satser på at det ikke blir verre
- Gjennomsnittsvurdering: man tar utgangspunkt i *gjennomsnittsverdiene* for framskrivingene av klimaendringer
- Risikoaversjon: man tar utgangspunkt i de *mest* dramatiske framskrivingene av klimaendringer og blir heller positivt overrasket om det blir bedre.

NOU klimatilpasning tar til orde for å legge til grunn risikoaversjon, noe vi også har gjort. Videre har vi lagt vekt på å få fram variasjonsbredden i klimaframskrivingene og at for våre framskrivinger så er alle verdiene innenfor variasjonsbredden i prinsippet like sannsynlige; dette til fordel for det å legge vekt på en middelverdi og presentere denne som mer sannsynlig enn for eksempel maksimums- eller minimumsverdiene.

Vurdering av *usikkerhet* er svært sentralt i klimadebatten og klimapolitikken. På den ene siden er det viktig å ha klart for seg at det er knyttet stor usikkerhet til dette feltet; samtidig er det viktig å ikke bli handlingslammet ut fra en oppfatning av at ”alt” er usikkert. Utgangen av dette dilemmaet kan være å prøve å differensiere vår forståelse av usikkerhet. Vi har derfor foreslått en to-dimensjonal tilnærming til det å beskrive usikkerhet. Den første aksen gjelder *lokalisering av* usikkerheten; dvs hvor i systemene ”klima”, ”natur” eller ”samfunn” usikkerheten opptrer. Den andre akse dreier seg om *type* usikkerhet, der vi skiller mellom fire kvalitativt forskjellige former for usikkerhet:

- *Grunnleggende* usikkerhet: Vi kjenner ikke de grunnleggende årsak-virkning sammenhengene eller disse sammenhengende styres utelukkende av tilfeldigheter.
- *Modell* usikkerhet: Vi har en grunnleggende innsikt når det gjelder årsak-virkning, men vi har ikke klart å utvikle gode nok modeller for å ta hensyn til disse forholdene på en tilfredsstillende måte i våre framtidsscenarioer.
- *Skala*usikkerhet: Vi har en grunnleggende innsikt når det gjelder årsak-virkning og vi har klart å modellere disse sammenhengene, men vi får store variasjoner mellom ulike framskrivinger når vi prøver å skalere ned.
- *Data*usikkerhet: Vi har en grunnleggende innsikt når det gjelder årsak-virkning og vi har klart å modellere disse sammenhengene, men har ikke tilstrekkelig datagrunnlag til å få nok pålitelige resultater fra modellene.

Vårt hovedpoeng er å få fram at ulike tema i klimadebatten kan ha høyst ulike former for usikkerhet, og at ulike typer usikkerhet kan betinge ulike strategier for å redusere usikkerheten slik den oppleves for en beslutningstaker.

Det er et viktig skille mellom *tilpasning* til dagens og morgendagens klima, men samtidig en åpenbar sammenheng. Er samfunnet dårlig tilpasset dagens klima – i betydningen for eksempel dårlig vedlikeholdt infrastruktur – er det stor sannsynlighet for at sårbarhet for klimaendringer (hvis de skjer til det ”verre”) er tilsvarende stor. I NOU klimatilpasning er begrepet ”tilpasningsunderskudd” lansert som en betegnelse på en for dårlig tilpasning til dagens klima. I våre analyser har vi skilt mellom følgende hovedkategorier av klimatilpasningstiltak, som i utgangspunktet har like stor gyldighet ifht dagens som morgendagens klima. Først en liste over det vi har betegnet som *forberedelse* til den konkrete klimatilpasningen:

- Styrke *politisk* kompetanse (for eksempel i forbindelse med folkevalgtopplæringen av nytt kommunestyre).
- Styrke administrativ *kompetanse* (enten innleid eller styrke egen administrativ kompetanse).
- Styrke administrativ *kapasitet* (funn fra mange analyser av vilkår for kommunalt miljøvernarbeid viser at det ofte ikke er mangelen på kompetanse, men mangelen på kapasitet som er hovedproblemet).
- Innarbeide hensyn til klimatilpasning i *kommunale* planprosesser, som kommuneplanlegging og sektorplanlegging innen fysisk infrastruktur.

- Styrke eksisterende og/eller etablere nye *administrative rutiner og prosedyrer* (for eksempel styrke rutiner for risiko- og sårbarhetsanalyser i arealplanlegging, innarbeide hensyn til klimatilpasning i rutiner for kommunal saksbehandling osv).
- Endre *kunnskapsperspektiv* fra konvensjonell kunnskap (som kanskje har vist seg tilstrekkelig til å håndtere dagens klimautfordringer) til alternativ kunnskap (for eksempel ta i bruk alternative metoder for overflatebehandling av vann som supplement til eller erstatning for å fokusere på økte rørdimensjoner).
- Analysere *sårbarheten for klimaendringer* (med vekt på å analysere effekten av både klima- og samfunnsendringer).
- *Informere* lokalt om resultatene av de lokale analysene av klimasårbarhet og behov for klimatilpasning.

Så en liste over det vi har betegnet som den *aktive* klimatilpasningen:

- Ta igjen dagens *etterslep i vedlikehold* av fysisk infrastruktur.
- *Effektinnrettede* tilpasningstiltak: Tiltak for å redusere mulige negative virkningene av forventede klimaendringer (for eksempel å bygge rasvoller), eller prøve å høste mulige positive virkninger (for eksempel skifte til mer sørlige jordbruksvekster som er tilpasset en høyere gjennomsnittstemperatur). Typisk vil effektinnrettede tiltak være av mer teknisk eller fysisk karakter, og ofte være økonomisk kostnadskrevende.
- *Årsaksinnrettede* tilpasningstiltak: Tiltak for å redusere samfunnets eksponering for klimapåvirkning, og dermed redusere sannsynligheten for at negative virkninger av klimaendringer i det hele tatt skal oppstå (som for eksempel å hindre bygging av boliger i rasutsatte områder). Typisk vil årsaksinnrettede tiltak være av mer regulativ art, som arealplanlegging, og derfor ofte være mer politisk enn økonomisk kostnadskrevende.

For de aktive tilpasningstiltakene kan vi videre skille mellom et strategisk og operasjonelt nivå.

- Det *strategiske* nivået vil omfatte planprosesser som rehabiliteringsplaner for vann og avløp, bruk av reguleringsplaner til å planlegge flomvannveger og soner for havnivåstigning, planer for tilpasning av kulverter og rassikring av veger og plassering av bygg og annen infrastruktur i forhold til ulike risikosoner.
- Det *tekniske* nivået vil omfatte slikt som valg av bygningsmaterialer og tekniske bygningsløsninger som bedre tåler framtidig klima, valg av nødvendig høyde for nye havner og dimensjonering av moloer, detaljplanlegging og dimensjonering av vann og avløpssystemer osv. Samlet sett kan vi dermed skille mellom fire varianter av aktive tilpasningstiltak som vist i tabellen under.

I noen tilfeller kan det være fornuftig å ikke gjøre noe, i betydningen ”*vent-og-se”.* Dette kan være ved:

- Grunnleggende mangel på kunnskap
- Ressursmangel
- Mangel på statlige retningslinjer

Med bakgrunn i drøftinger gjort i NOU klimatilpasning og egne drøftinger av aktuelle kriterier for prioritering av ulike strategier og tiltak for klimatilpasning, har vi endt opp med å foreslå følgende ti kriterier for prioritering av klimatilpasningstiltak:

1) Tilpass til dagens klima.
2) Etabler en tilstrekkelig institusjonell kapasitet for å håndtere arbeidet med tilpasning til klimaendringer.
3) Analyser sårbarheten for klimaendringer.
4) Informer om lokal sårbarhet og tilpasningsutfordringer.
5) Vurder om det er mest fornuftig å ”vente-og-se” med ytterligere tiltak.
6) Prioriter strategisk før operasjonelt arbeid.
7) Prioritere årsaks- før effektinnrettede tiltak.
8) Prioritere no-regret tiltak som kan forsvares under alle sannsynlige scenarioer for klimaendring.
9) Klimatilpasning må ikke føre til vesentlig økte utslipp av klimagasser.
10) Klimatilpasning må ikke være i konflikt med målet om en bærekraftig utvikling.

Med *hindringer* mener vi en identifiserbar ”motstand” mot å gjennomføre en ønsket strategi eller tiltak for klimatilpasning. I våre analyser har vi skilt mellom fire hovedkategorier av hindringer ut fra når hindringene opptrer i en ideell prosess fra analyse av utfordringer, valg av mål for innsats, organisering av arbeidet og valg av virkemidler for å nå målene.

- *Målkonflikter* gjelder – som navnet tilsier – konflikter mellom ulike mål, for eksempel ved ønske om etablering av boliger nær sjø og vassdrag satt opp mot et mål om å hindre slik utbygging av hensyn til

havnivåstigning eller flomfare. Slike lokaliteter oppfattes av mange som attraktive, samtidig som de kan føre til økt eksponering for flom. Dette er hindringer som forutsetter politiske avklaringer for å kunne løses opp.

- Hindringer i *virkemiddelbruk* oppstår når man i prinsippet er enige om målet (for eksempel sentrumsnær utbygging), men uenig om viremidlene (for eksempel om kommunen skal ekspropriere eller basere seg på frivillig salg fra grunneierne).
- Hindringer knyttet til *organisering* gjelder hvordan klimatilpasningsarbeidet blir gjennomført og organisert
- Hindringer knyttet til *usikkerhet* gjelder ulike former for kunnskapsmangel knyttet til analyser av klimasårbarhet og hvordan dette kan hindre klimatilpasning.

Det kan også være hensiktsmessig å skille mellom to *grader* av hindringer. Det vi kan kalle *første* ordens hindring, er hindringer mot at tiltaket blir gjennomført i det hele tatt, mens det vi kan kalle *andre* ordens hindringer gjelder kvaliteten i tiltaket; altså at tiltaket ble gjennomført men at det oppsto hindringer som gjorde at kvaliteten på tiltaket ikke ble som ønsket. Første ordens hindring kan for eksempel være mangel på en gitt kompetanse, mens andre ordens hindring kan være at kompetansen finnes – men at den ikke er godt nok utviklet eller ikke godt nok tilgjengelig (for eksempel at arealplanleggeren har klimakompetanse, men ikke har nok avsatt tid til å arbeide med klimatilpasning). Våre analyser vil i første omgang dreie seg om de absolutte første ordens hindringer, men vi vil i noen sammenhenger også peke på andre ordens hindringer.

Forventede klimaendringer

Formålet med klimaanalysen i prosjektet er å vurdere og bedre kunnskapen for hvordan klimaendringer vil påvirke kommunal og fysisk infrastruktur i Norge. Denne delrapporten består av en vurdering av klimaparametre, samt en kunnskapsgjennomgang om klimaendringer slik det er presentert i rapporten Klima i Norge 2100 for NOU klimatilpassing. Videre er det gjort en vurdering av klimamodeller og scenarioer. Disse er etterfulgt av våre egne modellkjøringer og analyse som er gjennomført både nasjonalt, regionalt og lokalt og tilrettelagt for bruk i nasjonale og lokale casestudier gjennomført i prosjektet.

Vår modell bygger på nedskalerte klimamodeller med én høyoppløseligh (35–50km) atmosfærisk modell; nemlig ARPEGE som er 'matet' med fire koblede atmosfære–hav globale modeller. Analysen benytter konsekvent, sammenlignbare modellkjøringer og beregninger nasjonalt, regionalt og lokalt. Variasjoner mellom resultater fra de forskjellige modellene vises tydelige fram. Våre resultater sammenlignes med andre resultater. Utdrag av beregnede utviklingstrekk, for de meste relevante klimaparametre, er gjengitt under. Flere detaljer er beskrevet nærmere i rapporten.

Ifølge eksisterende framskrivinger anslås årsmiddeltemperaturen i Norge å øke med 2,3 til 4,6°C innen 2100 ifølge Klima i Norge 2100. Lufttemperatur vil stige i alle landsdeler og for alle årstider. Beregningene gir størst temperaturøkning i vinterhalvåret, og minst om sommeren. Årsmiddeltemperaturen anslås å øke mest i Finnmark, der beregningene gir en økning på 3,0 til 5,4°C. På Vestlandet er tilsvarende tall 1.9 og 4.2°C. Våre beregninger for år 2050 viser en 2,2°C stigning i årsmiddeltemperaturen for Norge, med samme regionale variasjoner.

Det er videre forventet at klimaparametre som er avledet fra temperatur også vil endre seg i Norge. For eksempel har vekstsesongen allerede blitt lengre og kommer til å bli betydelig utvidet de neste tiårene. Resultatene viser at store deler av landet vil få en økning i vekstsesongen på 1–2 måneder, og på 2–3 måneder i en del områder, fram mot 2100. Nye resultater for forventede temperatur-relatert endringer inkludert fryse-tine perioder og ising-temperatur har vært produsert for første gang. Kartlagte endringer i fryse-tine perioder og innenfor temperaturspennet som gir fare for ising viser positive og negative trender avhengig av årstid og region/subregion. Usikkerheter om endringer i temperaturer og avledede parametre er betraktet som mindre enn for andre klimaparametre.

Nedbør forventes å øke i hele Norge på årsbasis. I gjennomsnitt for landet beregnes årsnedbøren å øke med 5 til 30% mot 2100. Vinternedbøren kan øke med over 40 prosent i deler av Øst-, Sør- og Vestlandet mot slutten av århundret. Sommernedbøren på Sør- og Østlandet anslås å avta mot slutten av århundret, mens for de øvrige beregnes nedbøren å øke for alle årstider og regioner. Det blir flere dager med mye nedbør, og gjennomsnittlig nedbørmengde for disse dagene blir høyere i hele Norge og for alle årstider ifølge Klima i Norge 2100. Dette er et felles trekk i både eksisterende studier og våre nye modellberegninger for 2050, men usikkerheten i nedbør er større enn for temperatur og temperatur-relaterte avledede parametere. Vi viser hvordan forskjellige modeller kan gi motsatt regionale mønstre. Klimascenarioer for ekstremnedbør – og andre ekstremer, for eksempel vind- og stormparametre – innehar fortsatt store usikkerheter. Beregnede endringer i vindhastighet i fremtiden viser en generell nedgang i mesteparten av Norge, men det er fortsatt store usikkerheter knyttet til.

Snø, avrenning og grunnvasstand er såkalte effektvariabler som er viktige, men kan ikke simuleres med en klimamodell i seg selv. Hydrologiske modellering viser at snøsesongen blir kortere i hele landet. Reduksjonen i snøvarigheten blir størst i lavlandet, hvor 2–3 måneders reduksjon beregnes mot slutten av århundret. For Norge sett under ett beregnes det en økning i års avrenning. Det forventes økt avrenning i vinterhalvåret og om høsten, og redusert avrenning om sommeren.

Beregninger publiserte i rapporten Havnivåstigning forutsier en 70 cm havnivåstigning langs kysten av Sør- og Vestlandet, ca. 60 cm i Nord-Norge og rundt 40 cm innerst i Oslo- og Trondheimsfjorden. Grunnet usikkerheter knyttet til de ulike bidragene til framtidig havnivåstigning, kan stigningen bli fra 20 cm lavere til 35 cm høyere.

Klimaendringer globalt kan også ha mulige påvirkninger i Norge som må vurderes. Her fokuserer på fremtidige klimaendringer som kan påvirke global matvaresikkerhet og kan føre til endringer i arealforvaltning i Norge angående jordbruk.

Klimaanalyser som gjelder arealforvaltning

Analysene for arealforvaltning er delt inn i to: forvaltning av dyrka og dyrkbar mark og lokalisering av fysisk infrastruktur. For spørsmålet om forvaltning av dyrka mark har vi også tatt hensyn til mulige konsekvenser i Norge av klimaendringer i andre land gjennom en drøfting av mulige endringer i den globale matvaresikkerheten.

Den *globale matvaresikkerheten* vil sannsynligvis svekkes i fremtiden. Klimaendringer vil negativt forsterke den globale matvaresikkerheten i samspill med bl.a. befolkningsøkning, økt forbruk av kjøtt, peak oil og peak phosphorus.

Den *naturlige sårbarheten* når det gjelder jordbruksproduksjon i Norge er usikker. Det skyldes at det er stor usikkerhet omkring netto effekt av forventede endringer for de ulike klimaparametrene, i tillegg til at det er svært store lokale variasjoner i endringer av klimaparametre og de naturgitte forhold som kan bli påvirket av disse endringene.

Kombinasjonen av faktorer som lavt jordbruksareal per person, vedvarende tap av jordbruksarealer, begrensete ressurser med dyrkbar mark, vedvarende tap av jordbruksbedrifter, tap av tradisjonell kunnskap om bruk av utmarksressurser, og at Norge bare har 50 % nasjonal selvforsyning av mat (på energibasis) gjør at vi samlet sett vurderer den *samfunnsøkonomiske* sårbarheten når det gjelder jordbruksproduksjon som høy.

Vestlandet og Nord-Norge skiller seg ut som de regionene der det er flest bygninger og boliger innenfor kartlagte aktsomhetsområder for *skred* (steinsprang og snøskred). De største *flomutfordringene* i forhold til bygninger med bosetting og tilhørende infrastruktur er i dag på Østlandet. Våre resultater tilsier at de regionene som i perioden 1961 -1990 hadde mest ekstremnedbør målt i millimeter, også blir de som får mest ekstremnedbør i 2050. Vestlandskysten skiller seg ut her, deretter følger kysten av Nordland. Økningen i ekstremnedbør fram mot 2050 ser ut til å bli størst i østre deler av Sør-Trøndelag og nordlige deler av Hedmark, i Nord-Hordaland og områdene sør for Sognefjorden og i Nordland og deler av Finnmarkskysten. Dette tilsier at en del områder med store utfordringer i forhold til flom i dag, slik som Sogn og Fjordane og Hedmark får økte problem. Det er imidlertid knyttet stor usikkerhet til klimascenarioer for ekstremnedbør, og ikke minst til den geografiske fordelingen av nedbøren. Økning i skadeflommer som følge av ekstremnedbør må påregnes å øke i hele landet.

Det er et stort potensial for økning i personskade og skade på eiendom som følge av økt ras- og flomfare utløst av klimaendringer, og det er store regionale variasjoner i dette risikobildet. Et økende utbyggingspress i områder med muligheter for økt risiko for naturskade og økende konkurranse om egnete utbyggingsarealer forsterker det samlede risikobildet. Eksisterende kunnskap om framtidige klimaendringer er ikke innarbeidet i statlige systemer for risikovurdering av skred og flom, men NVE har i sin strategiplan fra 2009 signalisert at dette skal rettes opp. Det er også uheldig at det fortsatt er uavklart hvor det statlige ansvaret ifht havnivåstigning og urban flom skal ligge.

Om vi ønsker å opprettholde dagens nivå av *dyrka areal* per person i 2050 må vi i tillegg til å halvere den årlige omdisponeringen av dyrka mark øke den årlige takten av nydyrking til mer enn 6 ganger det som ble gjort i 2009 (til totalt 95.000 dekar/år). Dette tilsvarer at vi bruker nesten halvdelen av arealet med dyrkbar mark utenom myr (nydyrking av myr vil føre til store klimagassutslipp). Et problem her er at nydyrket jord ligger i mindre gunstige klimasoner, og er av dårligere kvalitet enn den dyrka jorden som forventes tapt fram mot 2050. Som påpekt over knytter det seg en usikkerhet til nettoeffekten av klimaendringer ifht endring av vilkårene for jordbruksproduksjon. Størst forventet økning av vekstsesongen vil komme der nydyrkingspotensialet er minst og kvaliteten på dyrka og dyrkbar jord i dag er dårligst.

Et særlig viktig tilpasningstiltak når det gjelder *lokalisering av fysisk infrastruktur* er styrking av kapasitet og kompetanse innen arealplanlegging. Andre viktige tilpasningstiltak er:

- Unngå å lokalisere infrastruktur til områder der det er risiko for naturskade etter dagens klima
- Styrke overvåking og beredskap i forhold til store fjellskred
- Unngå å lokalisere infrastruktur til areal som kan bli utsatt for havnivåstigning og stormflo
- Supplere eksisterende flom- og skredvurderinger med vurderinger ut fra forventede klimaendringer
- Innarbeide hensyn til klimatilpasning i eksisterende planlegging
- Unngå fragmentering av og inngrep i viktige biotoper og økosystem
- Utarbeide helhetlige klimatilpasningsplaner
- Forlenge tidsperspektivet i den ordinære kommuneplanleggingen

Mangel på administrativ kapasitet, særlig innenfor arealplanlegging, miljøvern og landbruk går igjen som en *hindring* i forhold til nesten alle tilpassingstiltak vi har analysert. Mangel på administrativ kapasitet er en viktig hindring både i forhold til om det iverksettes tiltak, og i forhold til omfang og kvalitet på tiltakene som iverksettes. Mangel på administrativ kompetanse er en viktig hindring særlig når det gjelder kvaliteten på tiltak. Manglende politisk kompetanse er en hindring for en helhetlig tilnærming til klimatilpassing, som ser klimatilpassing i sammenheng med andre miljøutfordringer, utslipp av klimagasser og langsiktig bærekraftig utvikling. Videre er det hindringer knyttet til målkonflikter mellom jordvern og utbyggingsinteresser, og mellom et klimarobust utbyggingsmønster og utbyggingsinteresser.

Klimaanalyser som gjelder offentlige bygg

Den *naturlige* sårbarheten er vurdert å være middels. Det er et stort potensial for materiell skade og med store regionale variasjoner. Råteproblemer forventes å øke sterkt langs hele kysten og i indre deler av Østlandet og i Trøndelag.

Den *samfunnsøkonomiske* sårbarheten er vurdert å være middels og økende. Dette skyldes et generelt økende utbyggingspress og stor grad av klimarelaterte skader i nybygg og en økende bruk av like bygningstekniske løsninger uavhengig av klimasone og geografisk plassering. Dette kan føre til økt eksponering for klimaskader. Videre kommer at det stedvis er et stort vedlikeholdsetterslep i offentlige bygg.

Den *institusjonelle* sårbarheten er vurdert å være stor og økende. Eksisterende kunnskap om klimaendringer og kravsetting til klimatilpasning er ikke implementert i kommunale planer, virkemidler og prosesser. Den økte bruken av ROS-analyser viktig, men disse mangler ofte omtale av risiko knyttet til klimaendringer. Det offentlige tilsyn i byggesaker er svekket det siste tiåret, og det er et manglende fokus på klimatilpasning i tilsynsaktiviteten. Det skjer også en forvitring av kompetanse om lokal klimatilpasning og lokal byggeskikk innen plan- og byggesaksfeltet.

Våre forslag til *klimatilpasningstiltak* kan grupperes under to overskrifter: Styrke den institusjonelle kapasiteten, og strategiske og årsaksinnrettede tiltak.

Med hensyn til det første mener vi det er viktig å styrke kompetanse og ressurstilgang innen forvaltning, drift og vedlikehold av kommunalt og fylkeskommunalt eide bygninger. Det er videre viktig å styrke tilsynet av byggeprosjekter mht klimatilpasning og robuste løsninger av klimaskjermen. Det er også viktig å gjøre lokale analyser av klimasårbarhet i bygningsmassen. Det er gitt detaljerte eksempler på denne typen analyser i delrapport 4.

Når det gjelder de strategiske og årsaksinnrettede tiltakene er det viktig å øke bygningers levetid og legge til rette for økt fokus på livsløpskostnader. Kommuner og fylkeskommuner må søke å unngå lokalisering av bygninger til områder der det er risiko for klimarelatert naturskade, både ifht dagens og morgendagens klima. Det er videre viktig å styrke dokumentasjon av lokal kunnskap om byggeskikk og lokale klimaforhold for dermed bedre å kunne tilpasse bygg de lokalklimatiske forholdene. Man bør innarbeide klimatilpasning av bygget miljø som tema i ROS-analyser og kommuneplaner og stille krav om risikovurdering ifht lokale klimaforhold og -påkjenninger ved prosjektering. Sist men ikke minst er det avgjørende for framtidig klimarobusthet å innhente etterslep i vedlikehold av den eksisterende bygningsmassen.

Når det gjelder *hindringer* kan disse grupperes iht stikkordene organisering, virkemidler og mål.

Når det gjelder organisering er følgende hindringer identifisert som viktige:

- Svak kompetanse innen forvaltning, drift og vedlikehold

- Svakt tilsyn av byggeprosjekter
- Svak byggherrekompetanse
- Svak dokumentasjon av lokal kunnskap om byggeskikk og lokale klimaforhold

Når det gjelder virkemidler er viktige hindringer at det ofte mangler lokale analyser av klimasårbarhet i bygningsmassen og at det ofte ikke gjøres livsløpskostnader i budsjettering av nybygg. I mange tilfeller blir offentlig bygg lokalisert ifht klimapåvirkning, noe som dels kan skyldes manglende vurdering av klimasårbarhet i bygget miljø i ROS-analyser og kommuneplaner. Det er også en hindring at valg av bygningstekniske løsninger i liten grad bestemmes ut fra lokalklimatiske forhold. Etterslep i vedlikehold av den eksisterende bygningsmassen er videre en alvorlig hindring, og kan ofte knyttes til målkonflikter mellom det å bruke penger til vedlikehold av offentlige bygg og andre formål.

Klimaanalyser som gjelder vann og avløp

Den *naturlige* sårbarheten for vann og avløp er vurdert som middels. I framtida vil det trolig bli økte problemer med flom og oversvømmelse av avløpsnettet; både i gamle fellessystemer og i nye overvannsystemer. Resultater av dette vil være økt forurensning fra avløpssystemene til resipienter, kjelleroversvømmelser og flom på urbane flater. Når det gjelder vannforsyning vil vi trolig oppleve dårligere råvannskvalitet i form av økte mengder av naturlig organisk materiale (NOM) og økt mikrobiologisk aktivitet.

Den *samfunnsøkonomiske* sårbarheten er vurdert til stor og økende. Dette skyldes to forhold: Et stort og økende vedlikeholdsetterslep kombinert med økende grad av urbanisering; større bygningstetthet og omfang av tette flater i byer og tettsteder, som ofte skal dreneres av 50 år gamle systemer tilpasset avløpssituasjonen da de ble bygget.

Den *institusjonelle* sårbarheten er vurdert til middels og økende. Det er vanskelig å rekruttere personell med relevant kunnskap og å vedlikeholde den institusjonelle kapasiteten i kommunene. Videre kommer usikkerhet knyttet til at det statlige ansvaret ifht urban flom ikke er avklart. I mange kommuner er det også en manglende vilje til å ta i bruk alternativ kunnskap når det gjelder håndtering av overflatevann – for eksempel lokal overvannsdisponering i stedet for tradisjonelle rørløsninger.

Når det gjelder *klimatilpasning* skiller vi mellom to tilnærminger: Operative og effektinnrettede tiltak, og strategiske og årsaksinnrettede tiltak.

Med hensyn på det første er det viktig å holde fram med arbeidet som alt gjøres i kommunene når det gjelder å kartlegge kvaliteten på drikkevannskildene, slik at man har et grunnlag for å følge med på utvikling. Ved tiltak som uansett gjennomføres bør man vurdere framtidig klima. Man bør også søke å redusere vannmengdene som renner inn i avløpssystemet ved å fordrøye og håndtere lokalt. Det er også viktig å kartlegge og planlegge alternative flomvannveier.

Når det gjelder de strategiske og årsaksinnrettede tiltak er et hovedgrep å legge opp til at vann og avløp bør være en premissgiver i utbyggingsprosjekter. Dette kan bl.a. gjøres ved å oppgradere hovedplaner for vann og avløp til kommunedelplan. For å sikre at man får tilgang til eksisterende informasjon om klimasårbarhet og klimatilpasning bør kommunene sette av nødvendige ressurser, for eksempel gjennom kapasitetsbygging i organisasjonen. For bebyggelse langs kysten, og VA-systemene som skal håndtere dem, må det planlegges for framtidig havnivåstigninger. Deler av VA-nettet som har lang levetid bør prioriteres mens for anlegg med kortere levetid (eks renseanlegg, infiltrasjonsanlegg) kan man i noen tilfeller ”vente og se” til man har mer informasjon om hvordan klimasituasjonen lokalt faktisk utvikler seg, og så sette i verk nødvendige tiltak. Det er videre viktig at VA-anleggene planlegges slik at framtidig utvidelse er mulig.

En viktig *hindring* for klimatilpasning innen VA-sektoren er usikkerheten omkring den regionale fordelingen av forventede nedbørsendringer. Dette gjelder særlig forventede endringer som gjelder ekstremnedbør med kort varighet, der variasjonen i de ulike klimamodellene kan være betydelige for enkelte kommuner. Det er også en usikkerhet knyttet til manglende ansvarsavklaring for enkelte problemstillinger knyttet til det å ta klimahensyn innen VA-sektoren; både mellom stat-kommune og internt i kommunene. Dette gjelder for eksempel problemstillinger knyttet til urban flom.

I flere kommuner er det en svikt når det gjelder relevant kompetanse hos både politikere og administrasjon, og det er et generelt kapasitetsproblem som følge av at det utdannes for få fagfolk med vann- og avløpskompetanse.

Vann og avløp framstår i mange sammenhenger som en konservativ bransje og det tar lang tid før ny og alternativ kunnskap vinner innpass. Dette er en hindring mot å ta i bruk ulike virkemidler. Andre hindringer knytter seg til manglende oppfølging av gjeldende lovpålagte krav. Mange drikkevannssystemer tilfredsstiller ikke

lovpålagte krav per i dag, og det er til dels manglende overordnet planlegging i hovedplaner, strategier og lignende. I enkelte kommuner er det en målkonflikt mellom det å ha tilstrekkelig høyt nivå på vann- og avløpsgebyrene til å lage gode nok anlegg, og at kommunen ut fra andre konkurrerende hensyn ønsker å holde et lavest mulig avgiftsnivå.

Klimaanalyser som gjelder kommunal og fylkeskommunal transportinfrastruktur og transport

Under har vi skilt mellom veg, havner og offentlig transport. Når det gjelder *veger* har vi vurdert den *naturlige* sårbarheten til moderat. Den viktigste klimaparameteren er nedbør, både endringer generelt, hvordan endringer fordeler seg på ulike årstider, og endringer i ekstremnedbør. I tillegg kommer temperaturøkning og endring i frysetine perioder som viktige parametre.

Den *samfunnsøkonomiske* sårbarheten er vurdert til middels og økende. Dette skyldes særlig to forhold: Den økende mobiliteten og det store vedlikeholdsetterslepet. Bare det siste tiåret har persontransportarbeidet på veger økt med 13 %, mens økningen når det gjelder godstransport er prosentvis nesten dobbelt så stor; på 23 %. Anslag for vedlikeholdsetterslep varierer mellom 12 og 26 milliarder kroner for kommunale og om lag 11 milliarder kroner for fylkeskommunale veger - hvorav kanskje så mye som 80 % av dette er klimarelevante vedlikeholdskategorier (altså dårlig kvalitet som gjør vegene mer utsatt for negativ klimapåvirkning). I tillegg kommer den administrative oppgraderingen i 1995 av vegnettet (økt aksellast og oppheving av telerestriksjonene) som har økt belastningen for enkelte vegstrekninger. Samfunnsøkonomisk sårbarhet er også knyttet til manglende fysisk oppgradering av veinettet.

Den *institusjonelle* sårbarheten er vurdert til middels og stabil. Det skjer en generell nedbygging av relevant lokal kunnskap i offentlig forvaltning, gjennom nedskalering av offentlig administrasjon og privatisering av driftsoppgaver. For å kompensere for dette etableres omfattende kontroll, plan- og styringssystemer. Det oppstår også en sårbarhet knyttet til mangelfull planlegging, for eksempel manglende oppfølging av eksisterende nasjonale rassikringsplan (som heller ikke har tatt opp nye utfordringer knyttet til klimaendringer). Det har samtidig skjedd en viktig styrking av relevant kunnskap – i alle fall på nasjonalt nivå – gjennom Statens vegvesens etatsprosjekt ”Klima og transport”.

Når det gjelder *havner* har vi vurdert den *naturlige* sårbarheten til å være relativt lav. Dette skyldes at for havner isolert sett er havnivåstigning trolig ikke et stort problem pga. kort økonomisk levetid på havneinfrastrukturen (noe helt annet kan gjelde for baklandet til havnene, jf problemene med Bryggen i Bergen). Enkelte av klimamodellene tilsier redusert vind; noe som kan redusere sårbarheten deler av året (trolig størst utslag på Vestlandet). Her er usikkerheten imidlertid stor. På den andre siden kan en ventet reduksjon i havisen føre til større bølgehøyder og økt påkjenning på moloer og dekningsverk, og dermed økte problemer med havneoperasjoner (mest aktuelt i Nord-Norge).

Også for den *samfunnsøkonomiske* sårbarheten har vi vurdert sårbarheten til lav, men svakt økende. Dette siste skyldes forventninger om økt sjøtransport i nordområdene. Dagens utskiftingstakt når det gjelder havner er i mange tilfeller raskere enn klimaendringene for de fleste kommunale kaier (kanskje med unntak av større byer). Og som påpekt over er infrastruktur bak kaiene, og da særlig i bysentra, ofte mer utsatt enn selve kaiene.

Den *institusjonelle* sårbarheten er vurdert til middels og stabil. Dette henger sammen med at ansvaret for havnivåstigning ikke er plassert nasjonalt og at det statlige ansvaret for havnesektoren er fragmentert; noe som gjør at styringssignaler omkring klimatilpasning innen havnesektoren lett oppfattes som utydelige.

Når det så gjelder *offentlig transport* har vi vurdert den *naturlige* sårbarheten til middels. For kommunal og fylkeskommunal vegtransport er den største utfordringen knyttet til sårbarhet ved lengre vegstengninger i områder uten omkjøringsalternativer, i første rekke kyst- og fjordstrøk på Vestlandet og i Nord-Norge. Den *samfunnsøkonomiske* sårbarheten er vurdert til middels og økende. Dette knytter seg til det økende transportvolum på veier uten omkjøringsalternativer der transportvolum er så stort at det ikke lar seg gjøre å håndtere med ferjetransport. Videre at det er flere sårbare kriseløsninger der det mangler omkjøringsveier i form av skyssbåt for å frakte folk, mens det må innføres strenge prioriteringer når det gjelder godstransport. Den *institusjonelle* sårbarheten er vurdert til middels og stabil. Sårbarheten knytter seg her til manglende oppfølging innen Statens vegvesen av et initiert prosjekt som var ment å kartlegge sårbare punkter langs veinettet.

Klimatilpasning når det gjelder *veger* kan grupperes under tre overskrifter: Styrke institusjonell kapasitet, effektinnrettede tiltak og årsaksinnrettede tiltak.

En viktig utfordring når det gjelder å styrke den institusjonelle kapasiteten er å ta bedre vare på lokal kunnskap om veinettet på bestillersiden og blant drifts- og vedlikeholdspersonell. En mer grunnleggende utfordring gjelder valg av overordnet styringsmodell. Vi mener det er viktig å vurdere ett av to tiltak: Enten å reversere

konkurranseutsetting av drift og vedlikehold, eller beholde dagens styringsmodell men så følge opp de sterke anbefalingene fra Riksrevisjonen om å styrke kontrollregimet, bl.a. å styrke kontrollen med entreprenørene og ta i bruk økonomiske sanksjoner mot de som ikke oppfyller kontraktkravene.

Vi foreslår videre to effektinnrettede tiltak: Oppdatere eksisterende rassikringsplan gjennom å innarbeide hensyn til klimaendringer og gjennomføre en ROS-kartlegging av hele vegnettet med hensyn til klima og klimaendringer, og da i tråd med anbefalinger fra Statens vegvesens prosjekt "Klima og transport".

Når det gjelder de årsaksinnrettede tiltakene er vårt viktigste råd å redusere (aller helst fjerne) vedlikeholdsetterslepet på vegnettet. Dette vil trolig forutsette tilnærmelsesvis en "byggestans" i vegsektoren; altså stans i bygging av nye vegstrekninger. Det vil muligens også kreve økte rammer samlet sett. Vi foreslår også standardheving i enkelte tilfeller, i form av bedre kapasitet på grøfter og stikkrenner og fornying av vegkroppen på strekninger med dårlig bæreevne.

Når det gjelder *havner* foreslår vi to tiltak: Analysere klimasårbarheten i kaier og moloer, og en gradvis forsterking av kaier og moloer i takt med havnivåstigningen og forventninger om økt bølgehøyde i Nord-Norge.

Når det gjelder *kommunal og fylkeskommunal transport* foreslår vi også her to tiltak: Kartlegge punkter på veiene som er sårbare for vegstengninger (dvs å gjennomføre SAMROS-prosjektet) og planlegging av kriseruter for tilfeller med vegstengninger der slike planer ikke foreligger i dag.

Vi har identifisert en rekke *hindringer* i forhold til klimatilpasning innen *vegsektoren*. Det er viktige usikkerheter knyttet til regionale variasjoner i framskriving av nedbørsendringer og den manglende innarbeiding av kunnskap om klimaendringer i den gjeldende nasjonale rassikringsplanen. Det er videre en lang rekke hindringer knyttet til organisering:

- Det er trolig en manglende administrativ kapasitet til å følge opp Statens vegvesens etatsprosjekt "Klima og transport" ved å gjøre en nasjonal klimasårbarhetsanalyse av vegnettet
- Det er trolig en manglende kapasitet og kompetanse i en del kommuner og fylkeskommuner til å ta i bruk eksisterende statlige vegnormaler på kommune- og fylkesveger
- Det er ventelig en viss motstand blant entreprenørene mot å bruke tid på etterutdanning, i tillegg til at det kan oppstå et kapasitetsproblem dersom krav om formell kompetanse hos entreprenørene blir innført over kort tid
- Det mangler rutiner mhp kontroll med og bruk av sanksjoner mot entreprenører.

Når det gjelder hindringer på virkemiddelsiden er det trolig motstand mot det å forlenge kontraktsperiodene (for dermed å legge forholdene til rette for bedre overføring av lokal kunnskap om vegnettet) av frykt for økte kostnader. Videre vil det trolig oppstå målkonflikter ved at forslag om å reversere gjeldende styringsmodell om privatisering av drift og konkurranseutsetting, der et slikt forslag trolig vil bli møtt med frykt for kostnadsøkninger. Det er trolig også en konflikt mellom et ønske om å styrke vedlikehold av og oppgardere eksisterende veger og ønske om etablering av nye strekninger.

Hindringer når det gjelder klimatilpasning innen *havner* gjelder bl.a. usikkerhet om klimaframskrivinger, og da særlig endringer i vind. Det er også en viss usikkerhet knyttet til manglende avklaring mellom Sjøfartsdirektoratet, Kystverket og DSB om ansvar for vurdering av klimasårbarhet innen havnesektoren. Det kan også være en hindring knyttet til målkonflikt mellom det å gjøre viktige havner mer tilgjengelige for store skip og ønsket om å stoppe forfallet i flest mulig havner.

Når det gjelder kommunal og fylkeskommunal transport er trolig de to viktigste hindringene for klimatilpasning en manglende administrativ kapasitet i Statens vegvesen til å gjennomføre den planlagte kartleggingen av punkter på vegene som er sårbare for vegstengninger (SAMROS-prosjektet) og manglende koordinering på tvers av sektorer når det gjelder planlegging av kriseruter for tilfelle med vegstengninger.

Klimaanalyser som gjelder kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon

Generelt har vi vurdert den *naturlige* sårbarheten til middels. Det er imidlertid en lang rekke sammenhenger som kan gjøre seg gjeldende når det gjelder den naturlige sårbarheten for kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon; noe som gjør bildet komplekst og derfor vanskelig å si noe sikkert om.

Ekstremvind kan føre til skade på master, nett og bygninger ved direkte påkjenning eller ved trefall. Her er det stor usikkerhet omkring en eventuell økning i ekstremvind; både om dette vil skje og hvordan dette eventuelt vil fordele seg geografisk. Endringer i vind kan også føre til endring i saltbelegg på bl.a. isolatorer, som igjen kan skape problemer med overslag. Forventede økninger i storm og springflo kan gi utfordringer knyttet til lavtliggende kraftforsyningsanlegg. Økninger i flom kan gi økte problemer for utsatte kraftforsyningsanlegg ved at

disse kan bli satt under vann, med bl.a. tilhørende mulige skader på fundamenter, bygninger og nett. Regioner der man kan forvente økt ekstremnedbør om vinteren i form av store snømengder vil kunne oppleve oftere skader på linjenettet. Økt ekstremnedbør kan også gi mer skred med påfølgende skade på bygninger, fundamenter, master og nett. Tørkeperioder kan på sin side gi økt skogbrannfare, som igjen kan skade bygninger og nett. Økte vekslinger mellom fryse- og tineperioder kan medføre økt forvitring på bygninger, fundamenter og master. Høyere sommertemperaturer kan føre til sig i kraftlinjene, som igjen kan medføre økt kontakt mellom kraftledning og vegetasjon med påfølgende jordslutning. Økt ising og snø på linjer kan medføre store mekaniske påkjenninger og brudd i kraftledningen eller annen skade på linjen.

Vi har vurdert den *samfunnsøkonomiske* sårbarheten til middels og økende. Dette skyldes bl.a. samfunnets økte avhengighet av IT til kommunikasjon, privat og offentlig tjenesteyting og systemstyring. Det er også en økt avhengighet av elektrisk energi til stadig nye oppgaver, og denne avhengigheten forventes å øke som følge av tiltak for å redusere klimagassutslipp (eks el til oppvarming, drift av offshore oljeinstallasjoner og transport). Den forventede økte utbyggingen av fornybar energi øker også presset på eksisterende linjenett, og øker også behovet for helt nye linjenett. Diskusjonen omkring de såkalte monstermastene illustrerer dette poenget til fulle. Mange steder er det også et betydelig vedlikeholdsetterslep på linjenettet.

Den *institusjonelle* sårbarheten er vurdert til middels og stabil. Også her skjer det en stadig nedbygging av relevant lokal kompetanse i offentlig forvaltning parallelt med en privatisering av driftsoppgaver. En mulig konsekvens av dette er kapasitetsmangel på reparasjonssiden i tilfeller der store områder blir rammet av skader på linjenettet samtidig. Tilsvarende som på transportsektoren ligger det en utfordring i å etablere gode nok kontroll-, plan- og styringssystemer. Det er signalisert en ambisjon fra NVE om økt innsats når det gjelder klimatilpasning i kraftsektoren.

Når det gjelder *klimatilpasning* foreslår vi to hovedgrupper av tiltak: Tekniske og strategiske tiltak.

Av de tekniske tiltakene er det viktig å sikre reserveløsninger for kommunens egne anlegg og funksjoner og å sikre at veier og tilkomst til kraftforsynings- og IT-anlegg er åpne. I mange tilfeller vil det også være viktig å øke tilsynsfrekvensen med de samme anleggene. Videre er det viktig å øke innsatsen når det gjelder hogst langs linjetraséene fordi klimaendringene forventes å gi økt vekst og muligheter for økt linjebrudd ved nedfall av trær.

På det strategiske nivået er det viktig at de kommuner og fylker enten indirekte eller – i de tilfeller der de har eierinteresser i kraftselskap - direkte søker å påvirke kraftselskapene til å prioritere vedlikehold tilstrekkelig høyt- Som eier er det viktig at man ikke tar ut så stort utbytte fra egne kraftselskaper at vedlikehold blir nedprioritert. Gjennom arealplanlegging er det viktig å lokalisere at anlegg for IT og kraftforsyning utenom risikoområder for naturskade. Videre er det viktig å lage lokale beredskapsplaner for sikring av IT og kraftforsyning.

Hindringer knytter seg til både usikkerhet, organisering, virkemidler og mål. Når det gjelder usikkerhet er dette knyttet til at teknologi for implementering av nødstrøm for å sikre såkalt ekom-nett (eks vindmøller ved mobilmaster) ikke er utviklet så langt at dette kan tas i bruk i dag. Hindringer som gjelder organisering knytter seg til manglende alternativt mottaksutstyr blant beredskapspersonell og øvrig befolkning, mangel på lokal kunnskap om veinettet blant drifts- og vedlikeholdspersonell og manglende ROS-kartlegging av vegnettet med hensyn til klimaendringer, manglende ansvarsfordeling mellom grunneiere, kraftselskap og kommuner og manglende samarbeid for å oppnå mer effektiv hogst og manglende rutiner for gjennomføring av hogst, samt manglende kompetanse om det å lage lokale beredskapsplaner for sikring av kraftforsyning og elektronisk kommunikasjon. Når det gjelder virkemidler er det en hindring at nasjonale lover og retningslinjer ikke er sterke nok til å sikre et tilfredsstillende nivå på vedlikehold. Til sist har vi identifisert tre hindringer som gjelder mål: Det å sikre nok ressurser og personell til beredskap og det å etablere reserveløsninger for egne anlegg og funksjoner kan ofte framstå som for kostnadskrevende. Videre kan det å ta ut mindre utbytte fra egne kraftselskaper for å gi økt rom for vedlikehold komme i konflikter med andre mål som krever økte økonomiske ressurser.

Samlet vurdering av klimaanalysene

Om vi ser våre *klimasårbarhetsanalyser* under ett, og sammenligner våre tre *kategorier av sårbarhet* – naturlig, samfunnsøkonomisk og institusjonell sårbarhet –framstår sårbarheten som noenlunde lik i den forstand at vi har vurdert disse relativt likt i vår grovmaskede skala ”stor”, ”middels” og ”liten” sårbarhet. Det er selvsagt ikke rett å sammenligne direkte rankeringer i så ulike systemer. Det er for eksempel ikke enkelt å avgjøre om en ”stor” sårbarhet innenfor den naturlige sårbarheten (for eksempel i form av økt nedbør og påfølgende økt fare for flom) er like alvorlig som en ”stor” sårbarhet innenfor den samfunnsøkonomiske sårbarheten (for eksempel i form av økende utbygging nær vassdrag og dermed økt eksponering for flomskader). Vår sammenligning på tvers av sårbarhetskategorier gir likevel grunn til én viktig påpekning: Det er ikke tilstrekkelig å se isolert på den naturlige

sårbarheten når man skal utlede tiltak for klimatilpasning. I mange tilfeller kan endringer i samfunnet være vel så avgjørende for den samlede framtidige klimasårbarheten som klimaendringene isolert sett; en innsikt som også kan være bestemmende for valg av tilpasningsstrategier og –tiltak. Det kanskje klareste eksempelet på dette er innen temaet jordbruksproduksjon, der mange tidligere analyser har trukket fram at klimaendringer kan være positivt for jordbruket. Vår konklusjon er at om man ser forventede endringer i klima og samfunn under ett, så er det mer riktig å si at også for jordbruket så er det knyttet store utfordringer til det å tilpasse seg klimaendringer, og at disse utfordringene knytter seg vel så mye til endringer i samfunnet som i klimaet.

Om vi sammenligner mellom våre *kategorier av infrastruktur*, så får vi fram en noe større variasjon enn samlet sett og mellom sårbarhetskategorier. I våre analyser framstår havner som den klart minst klimasårbare sektoren, mens jordbruksproduksjon, bygg og vann og avløp framstår som mest sårbare. I en mellomkategori finner vi transport og informasjonsteknologi og energiforsyning.

Vi har også forsøkt å få fram de *regionale variasjonene* i klimasårbarhet. Fordi vi opererer med en to (evt tre-) dimensjonal av klimasårbarhet, er det ofte vanskelig å si noe generelt om den samlede regionale variasjonen. Den naturlige sårbarheten har ofte en annerledes regional variasjon enn den samfunnsmessige; eventuelt har vi mer sikker kunnskap om den ene av de to (eller tre) sårbarhetsdimensjonen. Under har vi likevel forsøkt oss på en kortfattet oppsummering mhp regional variasjon i den samlede klimasårbarheten for de ulike kategoriene av infrastruktur.

- Jordbruksproduksjon: Vanskelig å anslå fordi det generelt sett er vanskelig å fastslå sumeffekten av klimaendringer på dyrkingsvilkår
- Lokalisering av infrastruktur: Vestlandet og Nord-Norge trolig mest utsatt for skred, mens Østlandet og sentrale Vestlandet mest utsatt for flom
- Bygg: Råteproblemer forventes å øke sterkt langs hele kysten og i indre deler av Østlandet og i Trøndelag
- Vann og avløp: Nedbør øker over hele landet, minst økning langs kysten og mest i innlandsregioner. Eldst rørsystem i Oslo.
- Veger: Trolig størst utfordringer på Vestlandet og i Nord-Norge, men gjenstår å gjøre gode nasjonale sårbarhetsvurderinger
- Havner: Havnivåstigningen og økt vindhastighet trolig størst på Vestlandet, der også transportmengden er størst; men størst samfunnsøkonomisk sårbarhet i Nord-Norge knytte til forventning om økt transportmengde til sjøs.
- Transportarbeid: Trolig størst problem langs kyst- og fjordstrøk på Vestlandet og i Nord-Norge
- IT og strømforsyning: Regional variasjon i relevante klimaparametre indikerer størst negativ endring i Trøndelag og på Vestlandet

Når det gjelder *klimatilpasning* så kan det være fornuftig å gjøre et hovedskille mellom på den ene siden tiltak som hovedsakelig retter seg inn mot *kommune og fylkeskommune* og de som retter seg inn mot *staten*, men som fortsatt er relevante lokalt og regionalt. Videre kan det være fornuftig å skille mellom det vi kan kalle *store* og *litt mindre omfattende hovedgrep* i tilpasningsarbeidet.

De viktigste *store grep* som hovedsakelig omfatter kommuner og fylkeskommer er da følgende: ”Byggestopp” og ta igjen vedlikeholdsetterslep innen offentlige bygg, og det å ta igjen vedlikeholdsetterslep innen vann og avløp. I skjæringspunktet mellom stat og kommune finner vi så følgende tre store grep: Vurdere å endre styringsmodell eller styrke kontrollregimet innen både it/kraftforsyning og vegsektoren, ”byggestopp” og ta igjen vedlikeholdsetterslep innen vegsektoren, og det å styrke jordvernet og øke takten dramatisk når det gjelder nydyrking. Et stort grep som i hovedsak omfatter staten – i samarbeid med private aktører – består i å ta igjen vedlikeholdsetterslep innen IT og kraftforsyning.

Om vi så tar for oss de noe *mindre omfattende* grepene finner vi for det som i hovedsak gjelder kommuner og fylkeskommer først to grep som gjelder generelt for alle kategorier av infrastruktur: Ta bedre vare på lokal kunnskap og styrket beredskap. I tillegg er det en utfordring å endre utbyggingsprinsipp innen vann og avløp, bl.a. legge opp til større grad av overflatebehandling.

I en posisjon mellom stat og kommune er det to grep som gjelder generelt for alle kategorier av infrastruktur: Gjennomføre helhetlig klimasårbarhetsanalyse og følge opp kravet om å gjennomføre areal-ROS. Videre er det en felles utfordring å bygge mer klimarobuste veger. En utfordring som i utgangspunktet staten – i alle fall om man skal følge anbefalingen fra NOU klimatilpasning – er å innføre øremerkede overføringer til styrking av plankompetansen i kommunene.

Det er viktig å være klar over at våre analyser av *hindringer* er *tenkte* hindringer i forhold til det å iverksette tilpasning til klimaendringer. Vi har bl.a. basert oss på synspunkter og forslag fra informanter i stat, fylke og kommune som vi har intervjuet. En analyse av *faktiske* hindringer må nødvendigvis skje etter at man har forsøkt å gjennomføre tiltak for tilpasning til klimaendringer; noe de færreste kommuner og fylkeskommuner har gjort. Den viktigste innsikten i våre analyser er for det første å angi en mulig metodikk som hver enkelt kommune og fylkeskommune kan bruke for selv å analysere mulige hindringer; dernest å komme fram til en form for sjekkliste over konkrete hindringer som erfaringsmessig kan oppstå. Karakter og styrke av hindringer vil i stor grad være avhengig situasjonen lokalt.

En gjennomgang av de konkrete hindringene samlet sett for alle kategorier av infrastruktur viser at den typen hindringer som oppstår oftest er svak lokal (politisk og/eller administrativ) kompetanse og/eller svak administrativ kapasitet. Dette samsvarer med andre analyser av kommunenes syn på hindringer i det kommunale miljøvernarbeidet. På andre plass finner vi manglende ROS- og/eller klimatilpasningsplanlegging tett fulgt av usikkerhet i klimaframskrivninger. Også dette rimer med andre undersøkelser gjennomført av bl.a. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB)-. Manglende vedlikeholdsetterslep nevnes på linje med to ulike kategorier som gjelder svakheter i organiseringen lokalt: Manglende ansvarsfordeling og/eller koordinering, og manglende hensyn til klimaendringer i planer, rutiner og tiltak.

Den rangeringen av hindringer som omtalt i vår analyse må ikke forstås som en vekting av hvilke hindringer som er ”viktigst” i betydningen yter størst ”motsand” mot det å gjennomføre tilpasninger. Selv om en hindring omtales ofte (for eksempel hindringen som gjelder svak kompetanse og administrativ kapasitet) så kan denne i praksis være enklere å omgå enn en kategori som omtales sjeldnere (for eksempel vedlikeholdsetterslep, som vil være langt mer kostnadskrevende å omgå enn det å styrke kompetansen og øke den administrative kapasiteten). Det som rangeringen *kan* brukes til er som en sjekkliste for hvilke typer hindringer man kan forvente å møte.

Usikkerhet

Usikkerhet er et sentralt tema i klimasammenheng. Det er viktig å være klar over en grunnleggende forskjell når det gjelder hvordan forskning og beslutningstakere forholder seg til usikkerhet og det å bringe fram ny kunnskap. Beslutningstakere forventer gjerne at et av formålene med å få fram ny kunnskap er å *redusere* usikkerheten, mens forskning ofte fokuserer på å *løfte fram* usikkerheten i ny kunnskapsproduksjon. Det er med andre ord grunn til å stille spørsmål ved om det er en mismatch mellom forventninger fra beslutningstakere om presise styringssignal og det som er mulig å få fram av kunnskap i den typen analyser som dette prosjektet omfatter. Det er derfor grunn til å stille spørsmålet om klimatilpasning grunnleggende sett er et føre-var politikkområde. Det er en svært krevende oppgave å utvikle et praktisk rammeverk for et slikt politikkområde. Vi har elementer av en slik politikk innen norsk forvaltning i medhold av genteknologiloven. Men uansett gjelder at usikkerhet ikke bør være en unnskyldning for ikke å gjøre noe nå - en utsettelse av tiltak vil i mange tilfeller kunne øke kostnadene dramatisk; for eksempel bygging i strandsonen uten å ta hensyn til havnivåstigning, bygging i områder som kan bli utsatt for skred og flom i framtiden og irreversibel omdisponering av dyrka og dyrkbar mark.

Summary

Project background and implementation

This is the final report from the project "Consequences of climate change for infrastructure owned by municipalities and counties", commissioned by The Norwegian Association of Local and Regional Authorities (KS).

The project has been carried out by Western Norway Research Institute (coordinator), SINTEF, and The Bjerknes Centre for Climate Research. The Association of Executive Managers in Sogn og Fjordane has functioned as the project's reference group. A discussion meeting has been held with representatives from The Norwegian Association of Local and Regional Authorities, The Association of Executive Managers in Sogn og Fjordane, the project group, as well as the NOU Climate Adaptation Committee which presented a Norwegian Official Report on climate adaptation in November 2010.

The project has provided research on three themes:

- *Climate vulnerability*: assessing possible consequences of climate change for infrastructure owned by municipalities and counties.
- *Climate adaptation*: proposing measures which may be implemented in various municipal sectors and within local and regional planning, given the existing climate projections.
- *Barriers:* outlining possible barriers that may arise in connection with climate adaptation.

Physical infrastructure is defined as land-use planning, water supplies, water and sanitation management, public buildings, public transport, transport infrastructure, as well as power supplies and electronic communication. *Municipal* physical infrastructure refers to infrastructure which is *owned by* either municipalities or counties, infrastructure which these bodies have a primary responsibility for *operating*, and other public infrastructure in cases where this is *indirectly* relevant for the municipal sector. The table below provides further specification of the themes analyzed by this project. In the following, we provide a more detailed description of these themes.

The project has chosen a dual approach to understanding climate vulnerability, which in turn has important consequences for developing adaptation measures and understanding barriers to climate adaptation: vulnerability to climate change and vulnerability to socio-economic change. The future climate vulnerability of society is a sum effect of how both climate and society change. Furthermore, we distinguish between a cause-oriented and effect-oriented approach to climate adaptation. A one-sided focus on the effects of climate change may lead all our attention to the effect-oriented approach, understood as measures directed towards a given effect of climate change (e.g. constructing avalanche protection walls). A dual focus, one which includes socio-economic change, could pave the way for including a cause-oriented approach to climate adaptation, i.e. also targeting processes which enhance society's exposure to climate change (e.g. shifting the pattern of construction away from areas associated with a high risk of damages triggered by climate change).

In addition to the final report, the project has produced five scientific reports: 1) A knowledge status on the socio-economic consequences of climate change; 2) Climate analyses for climate parameters relevant to physical infrastructure; 3) Climate vulnerability assessments; 4) Proposed climate adaptation measures and strategies; and, 5) Assessments of barriers for climate adaptation.

Furthermore, the project has produced a four-page popularized summary, PowerPoint presentations corresponding to each of the scientific reports and the final report, and an annotated collection of examples ready for online publication, including proposed methods and analyses of climate vulnerability, climate adaptation, and barriers to climate adaptation (web sites: www.ks.no and www.klimatilpasning.no)

The project has two main outputs: A proposed method for working with climate adaptation in connection with infrastructure owned by municipalities and counties; and analyses of climate vulnerability, suggested approaches to climate adaptation, as well as a discussion of possible barriers to climate adaptation.

Method for working with climate adaptation in connection with infrastructure owned by municipalities and counties

The project has developed suggestions of how municipalities and counties can shed light on the following questions:

- How can we distinguish between different forms of climate vulnerability?
- How should we respond to risks?

- How do we relate to uncertainty?
- How can we distinguish between different types of climate adaptation measures?
- How do we prioritize between different types of adaptive measures?
- How can we identify possible barriers to climate adaptation?

The project has distinguished between three forms of *climate vulnerability*:

- *Natural* vulnerability: Climate parameters: Precipitations, temperature, wind. Effect parameters: run-off, sea level, and storm surges
- *Socio-economic* vulnerability: Extent and loss of farmed and arable land. Quality and level of operation/management of physical infrastructure. Location of physical infrastructure
- *Institutional* vulnerability: Access to competence, administrative capacity, economic resources, knowledge, tools, and instruments for implementing climate adaptation

Relating to the possibility of climate change involves deciding how to relate to *risks*. There are at least three approaches to this:

- Taking risks, i.e. taking the *least* dramatic projections of climate change as a starting point and hoping that things do not turn out worse
- Considering averages, i.e. look mainly at the *average values* for projections of climate change
- Avoiding risks, i.e. taking the *most* dramatic projections of climate change as a starting point and hoping to be positively surprised if matters turn out better than expected

NOU Climate Adaptation argues that it avoiding risks is the most beneficial option, as do the authors of this report. Moreover, we have stressed the importance of considering the entire value range in different climate projections, because in principle, all values between the extremities represent equally likely outcomes. As a contrast, we might have selected a mid-range value and presented it as a more likely outcome than e.g. the maximum or minimum values.

Assessments of *uncertainty* are central in the debate on climate change and climate policy. One the one hand, it is important to be clear about the great uncertainty associated with this field. At the same time, it is vital to avoid a state of non-action based on the assumption that 'everything' is uncertain. A possible solution to this dilemma is to try and differentiate our understanding of uncertainty. We have therefore suggested a two-dimensional approach to describing uncertainty. The first axis pertains to *where* uncertainty is *located*; i.e. where in the systems 'climate', 'nature', or 'society' the uncertainty in question exists. The other axis pertains to the *type* of uncertainty at hand, where we distinguish between four qualitatively distinct forms of uncertainty:

- *Basic* uncertainty: We are neither familiar with the basic cause and effect relationships, nor whether or not these are exclusively governed by coincidence.
- *Model* uncertainty: We have basic insight into cause and effect, but have not succeeded in developing models that are good enough to take these relationships into account in a satisfactory way in our scenarios.
- *Scale* uncertainty: We have basic insight into cause and effect, and have managed to model these relationships, but in downscaling, we arrive at a wide variety of projections.
- *Data* uncertainty: We have basic insight into cause and effect, and have managed to model these relationships, but the input data does not allow our models to produce reliable results.

Our main point is that different themes in the climate debate may be related to different forms of uncertainty, and that different types of uncertainty may warrant different strategies for reducing the uncertainty experienced by decision-makers.

It is important to distinguish between *adaptation* to the climate of today and the climate of tomorrow, however obvious this may seem. If society is badly adapted to today's climate – e.g. in the sense that infrastructure is suffering from bad maintenance – it is very likely (if climate change is for the worse) that society's climate vulnerability is correspondingly higher. NOU Climate Adaptation launched the term 'adaptation deficit' to describe a failure to adapt to the climate of today. In our analyses, we have distinguished between the following main categories of climate adaptation measures, which in principle are equally valid in relation to the climate of today as in relation to the climate of tomorrow. First, we present a list of *preparation* for the actual climate adaptation:

- Building or strengthening *political* competence (e.g. in connection with training of newly elected local government representatives).

- Building or strengthening administrative *competence* (either by hiring experts or by strengthening the competence of existing staff).
- Building or strengthening administrative *capacity* (findings from many analyses of criteria for municipal environment work shows that the main problem is rarely a lack of competence, but rather a lack of capacity).
- Integrating considerations of climate adaptation in *municipal* planning processes, such as municipal planning and sector planning within physical infrastructure.
- Improving existing routines or establishing new *administrative routines and procedures* (e.g. strengthen routines for risk and vulnerability assessments in land-use planning, incorporating considerations of climate adaptation in municipal routines for handling cases, etc.).
- Changing the *perspective on knowledge* from conventional knowledge (which may have proved sufficient for handling the climate challenges of today) to alternative knowledge (e.g. making use of alternative methods for surface water treatment of water as a supplement to, or substitute for, focusing on increasing pipeline dimensions).
- Analyzing *vulnerability to climate change* (taking into consideration the effect of both climate change and socio-economic change).
- *Informing* local inhabitants about the results of the local analyses of climate vulnerability and the need for climate adaptation.

The following list pertains to the *active* part of climate adaptation:

- Making up the current *maintenance delay* with regards to physical infrastructure.
- *Effect-oriented* adaptation measures: Measures to reduce possible negative effects of expected climate change (e.g. constructing avalanche protection walls), or trying to exploit possible positive effects (e.g. growing plants adapted to higher average temperatures). Effect-oriented measures are by nature often technical or physical. They are often associated with high economic costs.
- *Cause-oriented* adaptation measures: Measures to reduce society's exposure to the effects of climate change, and in turn reducing the likelihood that negative effects of climate change occur in the first place (e.g. preventing construction of houses in risk-prone areas). Cause-oriented measures tend to be of a regulatory nature, such as land-use planning. Therefore, these measures often come at a high political (rather than economic) cost.

Active adaptation measures operate either at a *strategic* or an *operational* level.

The *strategic* level encompasses planning processes such as rehabilitation plans for water and sanitation; the use of land-use plans to plan flood drainage channels and ocean-rise zones; plans for adaptation of culverts; and securing roads, buildings and other infrastructure in relation to various risk zones.

The *technical* level encompasses a choice of climate-proof building materials and resilient technical building solutions; minimum height requirements for new harbours and dimensioning of piers; detailed planning and dimensioning of water and sanitation systems; etc. In all, we can distinguish between four different varieties of active adaptation measures (see table below).

In some cases, a wait-and-see attitude may be sensible. Examples of this include:

- A basic knowledge deficit
- A lack of resources
- An absence of state guidelines

On the basis of the discussions of NOU Climate Adaptation and discussions from this project, we propose the following ten criteria for prioritization of climate adaptation measures:

1. Adapt to the climate of today.
2. Establish sufficient institutional capacity for implementing climate adaptation measures.
3. Carry out climate vulnerability analyses.
4. Inform the public about local vulnerability and adaptation challenges.
5. Consider whether a 'wait-and-see' attitude is sensible before implementing further measures.
6. Make strategic priorities prior to operational work.
7. Cause-oriented measures should be carried out before effect-oriented measures.
8. Give priority to 'no-regret measures' (measures that are sensible regardless of climate scenarios).
9. Climate adaptation must not lead to considerably higher emissions of greenhouse gases.
10. Climate adaptation must not be in conflict with the overall goal of sustainable development

The term *barrier* refers to identifiable 'resistance' against implementing a desired climate adaptation strategy or measure. In our analyses, we have distinguished between four main categories of barriers, based on the point at which they occur in an ideal process from analysis of challenges to definition of goals, organization of work, and choice of instruments for achieving goals.

- *Conflicts of interest* pertain to conflicts between different goals, e.g. the desire to establish residential houses near seas and lakes versus the goal of preventing such construction because of the risk of ocean rise and inundation. Such locations are often considered attractive, despite the fact that they are prone to inundation. The elimination of such barriers usually depends on political clarifications.
- Barriers related to the *choice of instruments* may arise in cases when, in principle, the parties agree on a goal (e.g. constructing houses near the centre of a town), but disagree on the choice of instruments (e.g. whether or not the municipality should expropriate land or make it voluntary for land-owners to sell land).
- *Organizational* barriers pertain to how the climate adaptation effort is organized.
- *Uncertainty* barriers pertain to various forms of knowledge deficit in analyzing climate vulnerability and how this may obstruct climate adaptation.

There are two *degrees* of barriers, where *first-degree* barriers refers to whether or not the measure should be carried out at all, while *second-degree* barriers pertain to the quality of the measure, i.e. that the measure is implemented, though the outcome was not of the intended quality. A first-order barrier may include a lack of a given competence or skill, whereas a second-degree barrier could arise because this competence or skill is not sufficiently developed or accessible (e.g. that a local planner has competence on climate change, but has not set aside enough time for working with climate adaptation). Our analyses focus on the absolute first-order barriers, but also include some second-degree barriers.

Expected climate change

The objective of the climate study in this **project** has been to evaluate and enhance the state-of-the-art concerning expected changes in climate parameters that are pertinent for infrastructure in Norway. In this report, we evaluate a set of relevant climate parameters as anticipated changes such as presented in the report Klima i Norge 2100, as well as the climate modeling and climate scenarios and the associated uncertainties. This is supplemented by new modeling and analyses that are carried on a national, regional and local basis. Our analysis is based upon so-called 'downscaled' modeling using a high-resolution (35–50 km) atmospheric model called ARPEGE, which is 'fed' by four coupled atmosphere-ocean global models. The analysis method employs consistent, comparable model runs and calculates values nationally, regionally and locally. Differences between the results from the four different models are clearly presented, and results from our analysis are compared to those from other studies. An extract of the modeled changes for some of the main variables are provided below. These are described and illustrated in the report.

Regarding temperature, existing model predictions expect that annual mean temperature in Norway will increase by 2.3 to 4.6°C before the end of the century. Air temperature will increase in all parts of the country and for all seasons. Model calculations indicate the greatest increases in temperature will be in the winter, and smallest in summer. Annual mean temperature is expected to increase most greatly in Finnmark, where an increase of 3.0 to 5.4°C has been estimated. In western Norway, the numbers are 1.9 and 4.2°C. Our model calculations for 2050 indicate a 2.2°C rise in annual mean temperature in Norway, with generally similar regional and seasonal variability as found in Klima i 2100.

Climate parameters that are derived from temperature are also expected to change throughout Norway. The length of the growing season has already begun to increase and is expected to grow by over 1–2 months of much of Norway and even 2 – months in some areas by 2100. Here we have calculated changes in other temperature parameters such as freeze–thaw periods and icing temperatures. The maps of anticipated changes in these parameters vary by season and region, with both negative and positive changes expected, depending on the present climate regime in regions. Uncertainties associated with temperature and derived parameters are considered to be smaller than for precipitation and other parameters.

Precipitation is expected to increase over Norway on an annual basis, with an overall average increase of between 5 to 30% towards 2100. Winter precipitation may increase over 40% in parts of eastern, southern, and western Norway towards the end of the century. Summer precipitation in parts eastern and southern Norway is actually anticipated to decline towards the end of the century. It is expected that there will be more days with extreme precipitation, and the average amount of precipitation for such days will be higher in all regions and all seasons, according to Klima i Norge 2100. This is a common feature both in previous studies and in our new

model calculations for 2050. However, precipitation scenarios are less consistent than are scenarios for temperature and derived parameters. Here we show how different models can give contrasting results for regional and sub regional distributions. Moreover, climate scenarios for extreme precipitation – and other variables such as extreme weather (e.g., storms) – remain rather uncertain. Model predictions of future changes in wind speed show a general decrease over most of Norway; however, wind is also a difficult parameter to predict with confidence.

Snow cover, runoff and groundwater are so-called effect variables which are important, but are not directly simulated by a climate model alone. Hydrological modeling shows the length of the snow season will become shorter throughout the country. The reduction in the duration of the snow cover will be greater in the low-elevation areas, where a 2–3 month decrease is expected towards the end of the present century. For Norway as a whole an increase in runoff is predicted. Increased runoff is expected in the winter half-year and in autumn, with reduced runoff anticipated in summer.

For sea level, recent calculations estimate an approximately 70 cm rise along the coast of southern and western Norway, about 60 cm in northern Norway and about 40 cm in the inner parts of Oslofjord and Trondheimsfjord. Due to uncertainties associated with the various contributions to future sea-level rise, the increases can be from about 20 cm lower to 35 cm higher than these values. Moreover, coastal flood levels due to storm surges are expected to increase.

Finally, global climate changes can also have possible effects in Norway that need to be considered. Here we focus specifically on future climate changes abroad that can affect agriculture and thereby global food security. Anticipated increases in temperature and drought in lower latitudes through this century can thereby be relevant for Norwegian areal management with respect to agriculture.

Climate analyses related to land-use planning

The analyses for land-use planning are divided into two parts: management of farmed and arable land and location of physical infrastructure. In relation to management of farmed land, we have also taken into consideration the possible impact on Norway of climate change in other countries, through a discussion of possible changes in global food security.

Global food security will probably be lower in the future compared to today. Climate change will most likely have a negative effect on global food security, as will factors such as population rise, increased consumption of meat, peak oil and peak phosphorus.

The *natural vulnerability* of agricultural production in Norway is uncertain. This is because of the great uncertainty regarding the net effect of expected change in various climate parameters. In addition, there is great local variation in changes in climate parameters, and natural conditions may be influenced by these changes.

The combination of factors such as a low share of arable land per person, continuing loss of arable land, continuing loss of farms, loss of traditional knowledge of using outlying fields, and the fact that Norway is only 50 per cent self-sufficient with regards to food (in terms of calories), altogether lead us to assessing the country's socio-economic vulnerability within agricultural production as high.

Western and Northern Norway are the regions where the highest number of buildings and residential houses are located within mapped risk zones for *rock falls and avalanches*. The greatest *inundation challenges* related to residential houses and associated infrastructures are currently found in Eastern Norway. Our results imply that the regions which in the period 1961 -1990 had the most extreme precipitation (in millimeters), will be the ones to experience the most extreme precipitation in 2050. The coast of Western Norway is the most exposed, and second the coast of the County of Nordland. The increase in extreme precipitation towards 2050 seems to be highest in eastern parts of the County of Sør-Trøndelag and northern parts of the County of Hedmark; in northern parts of the County of Hordaland and the areas south of the Sognefjord; and in the County of Nordland and parts of the coast of the County of Finnmark. This entails that areas which are flood-prone today, such as the County of Sogn og Fjordane and the County of Hedmark will see an increase in problems. There is, however, great uncertainty associated with climate scenarios for extreme precipitation, and not the least, the geographical distribution of precipitation. An increase in the number of harmful floods as a result of extreme precipitation should be expected all across Norway.

There is a great potential for an increase in damage to people and property as a result of an increased risk of rock falls, avalanches and floods brought about by climate change, and the regional variation in terms of risk level is great. An increasing pressure to construct houses in areas with a heightened risk of natural hazards and growing competition for suitable land increases the total risk picture. Existing knowledge on future climate change is not

incorporated into the state's systems of risk assessment with regards to rock falls, mud slides, avalanches and flooding. However, the 2009 strategy plan of the Norwegian Water Resources and Energy Directorate signals that amendments will be made. It is also unfortunate that it has not been decided which state body is to be responsible for ocean-level rise and urban flooding.

If we are determined to sustain the current level of *farmed land* per person in 2050, we must reach the government's target of reducing the annual amount of land given up to other purposes than agriculture by 50 per cent. We must also increase the annual rate of land reclamation to more than 6 times the level in 2009 (up to a total of one million square meters a year, or 100,000 acres). This corresponds to using approximately 50 % of accessible arable land except marchlands (reclamation of marches entails great climate gas emissions). A problem here is that reclaimed land is of poorer quality than the farmed land which is expected to be lost towards 2050. How climate change will affect these figures is associated with uncertainty (see previous discussion). The greatest expected increase in growth season will arise in the areas with the lowest potential for land reclamation and the quality of farmed and arable land today is the poorest.

A particularly important adaptation measure in terms of *location of physical infrastructure* is to strengthen capacity and competence within land-use planning. Other important adaptation measures include:

- Avoiding placement of infrastructure in areas prone to natural hazards with the climate of today
- Improving monitoring and emergency planning with regards to rock falls
- Avoiding the placement of infrastructure in areas prone to ocean-level rise and storm surges
- Supplementing existing assessments of flooding and rock falls/avalanches with assessments based on expected climate change
- Integrating considerations of climate adaptation into existing planning processes
- Avoiding fragmentation of, and encroachments on, key biotopes and ecosystems
- Developing comprehensive climate adaptation plans
- Prolonging the time perspective in municipal planning at large

The lack of administrative capacity, especially within land-use planning, environmental protection and agriculture is a recurring *barrier* with regards to almost all of the adaptation measures analysed by this project. The lack of administrative capacity is an important barrier both in regard to implementing measures and in regard to the scope and quality of the measures implemented. The lack of administrative competence is an important barrier especially when it comes to the quality of measures. A lack of political competence is a barrier to a comprehensive approach to climate adaptation, i.e. one which sees adaptation in connection with other environmental challenges, emissions of climate gases and long-term sustainable development. Furthermore, there are barriers related to conflicts between soil conservation interests and construction interests, and between a climate resilient pattern of construction and construction interests.

Climate analyses concerning public buildings

The level of *natural* vulnerability is considered to be mid-range. There is a great potential for material damages, and the regional variation is great. Rot problems are expected to increase strongly along the entire coast and inner parts of Eastern Norway and Trøndelag.

The socio-economic vulnerability is considered to be mid-range and rising. This is the result of a rising pressure for construction and a high degree of climate-related damages in new buildings; a growing use of identical technical solutions regardless of climate zones; and geographical placement. This may lead to increased exposure to climate damages. Furthermore, many public buildings suffer from a considerable maintenance delay.

The *institutional* vulnerability is considered great and growing. Existing knowledge of climate change and definition of requirements for climate adaptation are not implemented in municipal plans; instruments; and processes. The increasing use of risk and vulnerability assessments is important, but these often lack a discussion of risks associated with climate change. Public supervision of building projects has been impaired over the last decade, and the existing supervision is characterized by a low focus on climate adaptation. Within planning and building, there is also a decay or lack of competence with regards to local climate adaptation and local building traditions.

The proposed *climate adaptation measures* can be organized under two headings: Strengthening institutional capacity, and strategic and cause-oriented measures.

With regards to the first we believe it is important to build and strengthen competence and access to resources within governance, operation and maintenance of buildings owned by municipalities and counties. Furthermore, it

is vital to strengthen supervision of building projects with regards to robust climate buffers. It is also important to carry out local analyses of climate vulnerability.

As for strategic and cause-oriented measures, it is important to increase the life span of buildings and facilitate an increased focus on life cycle costs. Municipalities and counties should seek to avoid placing buildings in areas prone to climate-related risk, both in relation to the climate of today and that of tomorrow. Also, it is important to increase the documentation of local knowledge of building traditions and local climate conditions, both of which will allow better adaptation of buildings to the local climate. Climate adaptation of buildings should be incorporated as a topic in risk and vulnerability assessments and general plans, and there should be certain requirements with regards to risk assessments of local climate conditions and strain during planning. Last, but not least, catching up with the maintenance delay in existing buildings is vital.

Barriers can be grouped according to the keywords organization, instruments, and goals. The following barriers are seen as significant:

- Weak competence within governance, operations and maintenance.
- Poor supervision of building projects
- A lack of competence on the lack of contractors
- Poor documentation of local knowledge about building traditions and local climate conditions

As for instruments, an important barrier is the lack of local analyses of the climate vulnerability of a building and the fact that life cycle costs are rarely calculated in budgeting for new buildings. In many cases, public buildings are placed in climate-exposed locations, which may in part be a result of poor assessment of the climate vulnerability of the built environment in risk and vulnerability assessments and general plans. Another barrier is that the choice of technical solutions is only to a low degree decided on the basis of local climate conditions. Maintenance delay in existing buildings is furthermore a serious barrier, and may often be related to conflicts of interest between spending on maintenance of public buildings and other purposes.

Climate analyses regarding water and sanitation

The *natural* vulnerability of water and sanitation is deemed to be mid-range. It is likely that problems of flooding and inundation of sanitation and surface water systems will occur more frequently, as well as flooding of basements and urban surfaces. As for water supplies, poorer raw water quality in the form of increased amounts of natural organic material and increased microbiological activity is likely.

The *socio-economic* vulnerability is considered great and increasing for two reasons: A large and growing maintenance delay combined with growing building density and occurrence of hard surfaces in urban areas and towns.

The *institutional* vulnerability is deemed mid-range and growing. It is difficult to recruit personnel with relevant knowledge and maintaining the institutional capacity in municipalities. Furthermore, the state responsibility for urban flooding has not been finally placed. In many municipalities, there is also a lack of interest in making use of alternative knowledge of surface water treatment.

As for *climate adaptation* we distinguish between two approaches: Operational and effect-oriented measures; and strategic and cause-oriented measures.

With regards to the first, it is important to keep up the work which is already being carried out in the municipalities to map the quality of drinking water sources, so as to provide a basis for monitoring the future development in water quality. In implementing measures which will be carried out in any case, future climate should be considered. One should also seek to reduce the amount of water running into the sanitation system by retaining and treating water locally. Mapping and planning alternative flood water channels is also important.

As for strategic and cause-oriented measures, a key point is to let water and sanitation be an important premise in construction projects. This can be done by upgrading master plans for water and sanitation to parts of the general plan. To ensure access to existing information on climate vulnerability and climate adaptation, municipalities should set aside the necessary resources, for example through capacity-building within the organization. As for coastal buildings and water and sanitation systems serving them, prognoses for ocean-rise must be taken into account. The parts of the water and sanitation system that have a long lifetime should be given priority, while the parts that have a shorter lifetime (e.g. purification plants, infiltration plants) may in some cases be handled later when more information on the local climate situation is available. Furthermore, it is important that water and sanitation plants are planned in ways which allow for future expansion.

A key *barrier* in this sector is the uncertainty associated with the regional distribution of expected precipitation changes. This is both true of expected changes in extreme precipitation, where the variation in projections based on different climate models may be significant for certain municipalities. Some uncertainty is also associated with the non-clarified assignment of responsibility for certain problems related to climate change within the water and sanitation sector, both between the state and municipalities and within municipalities, e.g. in relation to urban floods.

Several municipalities lack relevant competence both among politicians and the administration, and there is a general capacity problem because too few acquire education within water and sanitation.

As for barriers related to instruments, it is problematic that there is such a great resistance against making use of alternative approaches. Water and sanitation often appears to be characterized by a conservative culture where the diffusion and uptake of new, alternative knowledge takes place. Other barriers are related to lacking follow-up of existing obligatory requirements. Drinking water systems often fail to satisfy law-imposed requirements, and many master plans tend to suffer from a lack of comprehensive planning, strategies, etc. In some municipalities, there is a conflict of interest between setting sufficiently high fees for constructing satisfactory water and sanitation systems, and the ideal of maintaining a low level of fees.

Climate assessments pertaining to transport infrastructure owned by, and transport operated by, municipalities and counties

Below we have distinguished between roads, harbours, and public transport. As for *roads* we have estimated that the *natural* vulnerability is moderate. The most important climate parameter is precipitation, both changes in general, how changes are distributed on different seasons, and changes in extreme precipitation. In addition, temperature rise and changes in freeze-thaw periods are important parameters.

Socio-economic vulnerability is viewed as mid-range and growing. This is particularly the result of two conditions: The growing mobility and the great maintenance delay. Only in the last decade, person transport work on roads has grown by 13 per cent, while the growth in freight transport is almost 23 per cent. Estimates of maintenance delay range from NOK 12 billion to 26 billion for municipal roads and constitute approximately NOK 11 billion for roads owned by the counties. Perhaps as much as 80 per cent of this is climate relevant maintenance categories (i.e. poor quality which make roads more vulnerable to negative climate exposure). In addition, the administrative 1995 upgrading of the road network (increased axle load and cancellation of the frost heave restrictions) which has increased the strain for certain road stretches. There is also a delay in terms of physical upgrading of the road network, e.g. a lack of follow-up of existing national avalanche protection plan (which has not integrated new challenges posed by climate change).

The *institutional* vulnerability has been deemed mid-range and stable. There is a general, ongoing reduction of relevant local knowledge of public governance, through the downscaling of public administration and privatization of operational tasks. To compensate for this, large systems of control, planning, and steering are developed. There has also been a strengthening of relevant knowledge – at least at the national level – through the The Norwegian Public Roads Administration's project Climate and Transport.

Harbours are considered to have a low *natural* vulnerability. This is because harbours seen in isolation are not going to be very much affected by ocean-level rise (nearby land areas are, however, subject to strains related to ocean-rise, such as the Bryggen area in Bergen). Some climate models imply a reduction in wind, which would reduce vulnerability (probably mainly in Western Norway), though this is quite uncertain. However, expectations of reduced sea ice volumes may lead to greater wave height and increased strain on piers and pavements, which may cause problems with med operating harbours (mainly relevant in Northern Norway).

Socio-economic vulnerability is considered low, but to some extent rising. The rise is caused by expectations of increased sea traffic in the northern ocean areas. Today's rate of turnover in harbours is in many cases higher than the rate of climate change for most municipal harbours (with a possible exception for cities of a certain size). As previously pointed out, the infrastructure beyond the harbours, especially in cities, is often more exposed than the actual harbours.

The *institutional* vulnerability is considered mid-range and stable. This is related to the fact that there is no national body dedicated to ocean-level rise. Also, the state's responsibility for the harbour sector is fragmented, which means that steering signals related to climate adaptation within the harbour sector is easily perceived as unclear.

As for *public transport* we have assessed the *natural* vulnerability as mid-range. The greatest road transport challenges for municipalities and counties are related to the vulnerability of longer road stretches in areas without alternative roads, mainly in coastal and fjord areas in Western and Northern Norway. The *socio-economic* vulnerability is considered mid-range and growing. This is related to the growing volume of transport on roads without alternative roads where the volume of transport is so large that ferry transport is not an option. Furthermore, that there are several vulnerable crisis solutions in places that lack alternative roads in the form of passenger boats, while freight transport must be subject to strict priorities. The *institutional* vulnerability is considered mid-range and stable. The vulnerability is mainly associated with poor follow-up on the part of the National Road Authorities of a project the body initiated to map vulnerable road points.

Climate adaptation in the case of *roads* can be placed under three headings: Strengthening institutional capacity, effect-oriented measures, and cause-oriented measures.

An important challenge in terms of strengthening institutional capacity is to conserve local knowledge better on the commissioning side and among operational and maintenance staff. A more basic challenge pertains to the choice of overall steering model. We believe it is important to consider one of two measures: either to reverse competition in operations and maintenance, or to keep today's steering model, but follow up the strong recommendations of the Auditor General of Norway to strengthen the control regime, among other things by strengthening the supervision of entrepreneurs and making use of economic sanctions if contract criteria are not fulfilled.

We furthermore propose two effect-oriented measures: updating existing national avalanche protection plan through incorporating considerations of climate change, and carrying out a risk and vulnerability mapping of the entire road network – including climate and climate change – in line with recommendations from The Norwegian Public Roads Administration's project Climate and Transport.

As for the cause-oriented measures, our main advice is to reduce (or rather eliminate) the road maintenance delay. This will probably lead to a temporary halt in road construction, and may require an increase in the transfer of resources. We also propose a raise in standards in some cases, in the form of better capacity in ditches and culverts and renewal of the road body in stretches with a poor carrying capacity.

As for *harbours*, we propose two measures: Analysis of climate vulnerability in harbours and piers, a gradual strengthening of harbours and piers in pace with ocean-level rise, and expectations of increased wave heights in Northern Norway.

As transport operated by *municipalities and counties,* we propose two measures: mapping points along the roads which are vulnerable to road closures (i.e. implementing the SAMROS project) and planning of crisis routes for cases of road closures where such plans are not available today.

We have identified a number of *barriers* with regards to climate adaptation within the *road sector*. Significant uncertainty is related to regional variation in projections of precipitation changes and the lacking incorporation of knowledge on climate change in the current national avalanche protection plan. There are also a number of barriers related to organization:

- There is probably a lack of administrative capacity for following up The Norwegian Public Roads Administration's project Climate and Transport by carrying out a national climate vulnerability assessment of Norwegian roads.
- There is probably a lack of capacity and competence in municipalities and counties when it comes to making use of existing state road standards on roads owned by municipalities and counties.
- A certain resistance among entrepreneurs should be expected against spending time on further education. In addition, a capacity problem may arise if formal competence requirements are implemented over a short period of time.
- Routines for supervision of, and sanctions against, entrepreneurs do not exist.

As for barriers on the instrument side there is probably an unwillingness to prolong contract periods (in order to facilitate better transfer of local knowledge of roads) for fear of increased costs. Furthermore, conflicts of interest will probably arise in response to suggestions of reversing the current steering model for privatisation of operations and exposure to competition, where a suggestion of this kind will most likely produce fears of rising costs. There is probably also a conflict between the desire to strengthen maintenance of, and upgrade, existing roads, and the desire to construct new roads.

Barriers to climate adaptation within *harbours* pertain to uncertainty about climate projections, especially wind changes. There is also some uncertainty associated with the question of who should assess climate vulnerability

in the harbour sector – The Norwegian Maritime Directorate, The Norwegian Coastal Administration, or the Directorate of Civil Protection and Emergency Planning. There may also be a barrier associated with the conflict of interest between making key harbours more accessible to large ships and the desire to stop the decay in as many harbours as possible.

As for transport operated by municipalities and counties, the two main barriers to climate adaptation are a lack of administrative capacity in the Norwegian Public Roads Authority to carry out planned mapping of vulnerable points along the roads which are prone to closures (the SAMROS project) and lacking coordination across sectors with regards to planning of crisis routes in the case of closures.

Climate analyses pertaining to power transfer and electronic communication

In general we have assessed the *natural* vulnerability as mid-range. However, the natural vulnerability of power transfer and electronic communication may be subject to a number of influences, which renders the overall picture somewhat complex and difficult to assess.

Extreme wind may damage power masts, power lines, and buildings either directly or through tree felling. Whether or not extreme wind will occur more frequently is highly uncertain, both whether it will happen and how this change will be geographically distributed. Changes in wind may also lead to changes in the salt layer of isolators, which could in turn lead to short-circuiting problems. Expected increases in the frequency of storms and storm surges may create difficulties for low-lying power supply stations. An increase in floods could increase problems with inundation, through damaging fundaments, buildings and power lines. Regions where an increase in extreme precipitation during winter is expected may experience great amounts of snow and more frequent damages to the network of power lines. An increase in extreme precipitation may also trigger more avalanches, mud slides, and rock falls with associated damages to buildings, fundaments, power masts, and power lines. Draught periods may on the other hand increase the risk of forest fires, which could in turn damage buildings and power lines. Frequent fluctuations between freeze and thaw may wear down buildings, fundaments, power masts, and power lines. Higher summer temperatures could slacken the power lines, which in the worst case may lead to increased contact between power lines and vegetation, causing short-circuiting to the earth. Increased icing and snow on power lines could lead to great mechanical strains, and broken power lines, or other damages to the power line.

We have assessed the *socio-economic* vulnerability as mid-range and increasing. An important reason for this is society's increased reliance on ICT for communication, private and public services, and system operation. There is also increased dependency on electric energy for various new tasks, and this dependency is expected to increase as a result of measures to reduce greenhouse gas emissions (e.g. for heating, operating off-shore oil installations, and transport). The expected increase in development of renewable energy also increases the pressure on existing power lines, in addition to creating a need for entirely new power line networks. The debate on the so-called 'monster masts' illustrates this point well. In some places, the maintenance delay is significant.

The *institutional* vulnerability is assessed to be mid-range and stable. In parallel with privatization of operational tasks, there is a steady decrease in relevant local competence within public governance. As in the transport sector, it has proved challenging to establish sufficient routines for control, planning, and steering. The Norwegian Water Resources and Energy Directorate has signaled an ambition to step up the effort within climate adaptation in the power sector.

Barriers are mainly related to uncertainty, organizing, instruments, and goals. As for uncertainty, this mainly pertains to the fact that technology for the implementation of emergency electricity supplies to secure electronic communication networks (e.g. wind mills next to mobile masts) have not been developed to the extent that they can be put into use today. Barriers pertaining to organizing are related to a lack of alternative reception equipment among emergency personnel and in the population at large; a lack of local knowledge about roads on the part of operational and maintenance personnel; and poor risk and vulnerability mapping of the road network with regards to climate change; an absence of agreements between land owners, power companies and municipalities; a lack of cooperation to achieve more efficient tree felling; lacking routines for carrying out tree felling; as well as a lack of competence on how to develop local emergency plans for securing power supplies and electronic communication. As for instruments, national laws and guidelines are not sufficiently powerful to ensure a satisfactory level of maintenance.

Finally, we have identified three barriers that pertain to goals. Securing sufficient resources and personnel for emergencies and establishing backup solutions for power stations and functions may appear quite costly.

Extracting profit from power companies to allow maintenance may be in conflict with other goals which demand increased economic resources.

Overall assessment of climate analyses

If we consider the above *climate vulnerability assessments* all at once, comparing our three *vulnerability categories* – natural, socio-economic, and institutional vulnerability – vulnerability appears as somewhat equal in the sense that we have considered these in much the same way in our rough distinction between 'high, 'mid-range' and 'low' vulnerability. It is obviously wrong to compare direct rankings in such different systems. As an example, it is not easy to determine whether or not 'high' natural vulnerability (e.g. in the form of increased precipitation and flood hazard) is equally serious as 'high' vulnerability within the socio-economic vulnerability (e.g. in the form of increased construction near rivers and thus increased exposure to flood risks). Our comparison across vulnerability categories still gives reason to raise one important point: it is not sufficient to see natural vulnerability se in isolation when assessing climate adaptation measures. In many cases, socio-economic changes may be just as decisive for the overall future climate vulnerability as climate change seen in isolation. This insight may also determine the choice of adaptations strategies and measures. The clearest example of this is found within agricultural production, where several previous analyses have showed that climate change may turn out positive for the agricultural sector. Our conclusion is that if expected changes in climate and society are considered all at once, it is more correct to say that agriculture is associated with great adaptation challenges, and that these challenges are as related to societal changes as to climate change.

If we compare our *infrastructure categories*, we see greater variation than overall and between vulnerability categories. In our analyses, harbours appear to be the least vulnerable sector, while agricultural production; buildings; and water and sanitation appear to be the most vulnerable. The sectors transport; information technology; and energy supplies are found in a mid-range category.

We have also attempted to present *regional variation* in climate vulnerability. Because we apply a two-dimensional assessment (in some cases three-dimensional) of climate vulnerability (natural and socio-economic – we have in some cases split the socio-economic vulnerability category into socio-economic and institutional vulnerability), it often proves difficult to generalize on the overall regional variation. The natural vulnerability often has a different regional variation than the socio-economic; or we have more certain knowledge of one of the two (or three) vulnerability dimensions. Below, we have still attempted to give a concise summary of regional variation in overall climate vulnerability for the different infrastructure categories.

- Agricultural production: Difficult to estimate because it is generally difficult to quantify the sum effect of climate change on production conditions.
- Placement of infrastructure: Western and Northern Norway are probably the most exposed to rock falls, mud slides, and avalanches, whereas Eastern Norway and central parts of Western Norway are the most flood-prone.
- Buildings: Rot problems are expected to occur all along the Norwegian coast, and in inner parts of Eastern Norway and Trøndelag.
- Water and sanitation: A general precipitation increase is expected all across Norway, with the smallest increase along the coast and the highest in inland regions. The oldest pipelines are generally found in Oslo.
- Roads: The greatest challenges should be expected in Western and Northern Norway, but good national vulnerability assessments are still to be carried out.
- Harbours: Ocean-level rise and increased wind speed will probably affect Western Norway the most, and this is also the region with the greatest transport volume. However, the greatest socio-economic vulnerability is found in Northern Norway, where an increase in the volume of sea transport is expected.
- Transport work: The greatest problems are expected along the coast and fjord areas in Western Norway and in Northern Norway.
- ICT and power supplies: The regional variation in relevant climate parameters indicates that the greatest negative change will take place in Trøndelag and Western Norway.

As for *climate adaptation* it would be sensible to distinguish between measures which are mainly directed towards *municipalities and counties* and measures which are directed towards *the state*, but are still of relevance locally and regionally. Furthermore, it may seem sensible to distinguish between *key measures* and *less extensive measures* within climate adaptation.

The *key measures* that mainly encompass municipalities and counties include the following: ”A halt to construction” to catch up with the maintenance delay in public buildings, and catching up with the maintenance delay within water and sanitation. In the interface between the state and the municipalities we find the following three key measures: Changing steering models or strengthening the control regime both within ICT/power supplies and in the road sector, ”a halt to construction” to catch up with the maintenance delay in the road sector, and strengthening soil conservation as well as increasing the pace of land reclamation dramatically. A key measure which mainly pertains to the state – in collaboration with private actors – comprises catching up with the maintenance delay within ICT and power supplies.

The *less extensive measures* pertaining to the municipalities and counties include, first of all, two measures shared by all infrastructure categories: Taking better care of local knowledge and strengthening emergency planning. In addition, it is challenging to change principles for water and sanitation development, including a greater extent of surface water treatment.

In the realm between the state and the municipalities, two measures are common for all infrastructure categories: carrying out a comprehensive climate vulnerability assessment and following up the demand to carry out a land-use risk and vulnerability assessment. Another shared challenge is to build more climate-robust roads. According to the recommendations of NOU Climate Adaptation, this challenge could entail the introduction of ear-marked resources to strengthen planning competence in the municipalities.

It is important to be aware of the fact that our assessments of *barriers* are *hypothetical* barriers in relation to implementing adaptation to climate change. We have based these on views and suggestions presented by interviewees in the state, counties, and various municipalities. An analysis of *actual* barriers would have to be done after carrying out adaptive measures, and very few municipalities and counties have come that far at this point. The main insight of our analyses is, first, a possible method that each municipality and county may apply to analyze possible barriers; second, to arrive at some form of check-list that actual barriers which may occur (on the basis of previous experience). The character and strength of such barriers will to a great extent depend on the local situation.

Having considered the various barriers for all categories of infrastructure all at once, it is clear that the type of barriers that occur are most often weak local (political and/or administrative) competence and/or weak administrative capacity. This corresponds to other analyses of municipalities’ view of barriers in municipal environmental work. Second, we find a lack of risk and vulnerability assessments and/or planning of climate change adaptation, as well as uncertainty associated with climate projections. This is also in line with previous findings from studies carried out by the Directorate of Civil Protection and Emergency Planning and others. A maintenance delay is mentioned together with two other categories pertaining to weaknesses in the local organization: Poor distribution of responsibility and/or coordination, and lacking consideration of climate change in connection with planning, routines, and measures.

The ranking of barriers we have carried out must not be understood as a weighting of barriers according to ‘importance’ in terms of offering the greatest ‘resistance’ against the implementation of adaptation measures. Even though a barrier is mentioned several times (such as ’weak competence’ and ’administrative capacity’) this may in practice be less difficult to overcome than a less frequently mentioned category (such as ‘maintenance delay’, which would be much more costly to overcome than strengthening competence and increasing administrative capacity). The ranking can however be used as a check-list for the types of barriers one may expect to encounter.

Uncertainty

Uncertainty is a key aspect of climate change. It is important to be aware of a basic difference regarding how research and decision-makers relate to uncertainty and knowledge production. Decision-makers often expect that one of the purposes of bringing about new knowledge is to *reduce* uncertainty, while research often focuses on *shedding light on* uncertainty in the production of knowledge. In other words, there is reason to ask whether there is a mismatch between decision-makers’ expectations concerning preciseness of steering signals and knowledge which can be brought about in the type of analyses this project encompasses. Therefore, there is reason to ask whether the question of climate adaptation is by nature a policy area that ought to be subject to the cautionary principle. It is highly demanding to develop a practical framework for such a policy area. There are elements of such a policy in the Norwegian governance of the Gene Technology Act. In any case, uncertainty should not be used as an excuse for non-action – a delay of measures will in many cases increase costs dramatically.

Examples include seaside construction that disregards ocean-level rise, construction in areas that may become more prone to natural hazards in the future, and irreversible encroachments on farmed and arable land.

Innledning

Dette er sluttrapporten fra prosjektet "Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur" for KS-forskning. Prosjektet skal utrede to forhold: (1) *Sårbarhetsstudie*: vurdere konsekvenser klimaendringene vil få for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur.(2) *Tilpasningsstudie*: vurdere tiltak som kan gjennomføres innenfor kommunale sektorområder og innen kommunal og regional planlegging, gitt eksisterende klimaframskrivninger. Med *fysisk infrastruktur* mener vi arealforvaltning, vannforsyning, avløps- og overvannshåndtering, offentlige bygg, offentlig transport, transportinfrastruktur og kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon. Med *kommunal* fysisk infrastruktur mener vi infrastruktur *eid* av kommuner eller fylkeskommuner, infrastruktur som disse har et primæransvar for å *drive* og annen offentlig infrastruktur der dette er *indirekte* relevant for kommunesektoren. Tabellen under viser en nærmere presisering av de tema som er analysert i prosjektet. I det videre gir vi en nærmere omtale av disse temaene.

***Tabell 1** Tema som vil bli analysert*

Kategorier av fysisk infrastruktur	Direkte relevant: Eid/drevet av kommuner	Direkte relevant: Eid/drevet av fylker	Indirekte relevant: Eid/drevet av andre
Arealforvaltning: forvaltning av dyrka og dyrkbare arealer og lokalisering av fysisk infrastruktur	Kommunearealplan	Fylkesarealplan	Ikke relevant
Bygg	Skoler, administrasjonsbygg, helseinstitusjoner, kommunale boliger, o.a.	Videregående skoler, administrasjonsbygg, o.a.	(Private boliger behandlet under "arealforvaltning")
Vannforsyning og avløpshåndtering	Kommunale og interkommunale anlegg	Ikke relevant	Ikke relevant
Transport og transportinfrastruktur	Kommunale veger, kommunale havner, transport som del av tjenesteproduksjon	Fylkeskommunale veger, kollektivtransport	Ikke omfattet
Kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon	Ikke relevant	Ikke relevant	Leverandør til kommunale/fylkes-kommunale bygg og tjenesteproduksjon

Vi har i prosjektet lagt til grunn en todelt tilnærming til det å forstå klimasårbarhet, som igjen gir viktige føringer for det å utvikle klimatilpasningstiltak og forstå hindringer i klimatilpasningsarbeidet (jf figuren under). Denne modellen ble utviklet i det tidligere KS-prosjektet "Storm, skred, flom og oljeutslipp – ansvar, myndighet, roller og finansiering av sikringstiltak og skadeforebyggende arbeid" [1]. Det er to viktige poeng med vår modell: Å få fram at samfunnets framtidige klimasårbarhet er en sumeffekt av hvordan klimaet og samfunnet endrer seg, og å få fram skillet mellom en virknings- og årsaksinnretning av klimatilpasningsarbeidet. Et ensidig fokus på den ensidige effekten av klimaendringer kan lede oppmerksomheten ensidig i en virkningsinnretning, forstått som tiltak rettet inn mot en gitt virkning av klimaendringer (eks bygge rasvoller). Et fokus også på samfunnsendringer kan gjøre det enklere også å legge til grunn en årsaksinnretning av klimatilpasningsarbeidet, forstått som også å gjøre noe med prosesser som øker samfunnets eksponering for klimapåvirkning (eks endre utbyggingsmønsteret vekk fra områder med risiko for naturskade utløst av klimaendringer).

[1] http://www.ks.no/tema/Samfunnsansvar/Klima-og-miljo/Kommunene-og-klimautfordringene---ansvar-og-sikring/

Figur 1 *Prosjektets analysemodell*

Ut fra figuren har prosjektet forsøkt å belyse følgende spørsmål:

1. Hva er situasjonen *i dag* med hensyn på sårbarhet for klimapåvirkning?
2. Hvordan kan forventede *framtidige klimaendringer* angitt ut fra et utvalg relevante *klimafaktorer* påvirke den samlete klimasårbarheten?
3. Hvordan kan forventede framtidige *samfunnsendringer* forsterke eller svekke virkningen av klimaendringer?
4. Hva er sumeffekten av (2) og (3)?
5. Hvilke *strategier* og *tiltak* kan kommunene eller fylkeskommunene sette i verk for å forebygge uønskede virkninger av klimaendringer?
6. Hvilke *hindringer* kan oppstå i arbeidet med å prøve å tilpasse samfunnet til klimaendringer?

Den tilnærminga som er omtalt her kan også tjene som en generell anvisning for hvordan kommuner og fylkeskommuner kan gjøre egne lokale analyser av klimasårbarhet, klimatilpasning og hindringer for klimatilpasning. Under vil vi gjennomgå mer i detalj noen konkrete metodiske elementer som kan være til hjelp i dette arbeidet. Ut over dette henviser vi til tre sentrale kilder for overordnet veiledning når det gjelder lokalt klimatilpasningsarbeid:

- KS sitt informasjonshefte om klimatilpasning i kommunene[2]
- Statlig veileder om klimatilpasning[3]
- Nedskalering av klimaendringer presentert på kart presentert av Meteorologisk institutt, NVE og Statens Kartverk[4]

I tillegg vil NOU om Klimatilpasning gi nyttig og utdypende kunnskap[5]. Videre henviser vi til det så langt eneste etterutdanningstilbudet innen klimatilpasning som tilbys av Nasjonalt utdanningssenter for samfunnssikkerhet og beredskap (NUSB)[6].

[2] http://www.ks.no/tema/Samfunn-og-demokrati/Klima-og-miljo/Nytt-hefte-om-klimatilpasning-i-kommunene/
[3] http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge-2/veileder-til-klimatilpasning.html?id=614277
[4] http://www.senorge.no/mappage.aspx
[5] http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge-2/bibliotek/publikasjoner/nou-rapporten-lagt-fram.html?id=624557
[6] http://www.nusb.no/course_detail.asp?id=195

Forslag til metoder for arbeidet med lokal klimatilpasning

I det videre vil vi presentere resultater fra prosjektet som gjelder forslag til hvordan kommuner og fylkeskommuner kan arbeide med klimatilpasning. Her omtaler vi forslag til hvordan kommuner og fylkeskommuner kan belyse følgende spørsmål:

- Hvordan skille mellom ulike typer klimasårbarhet?
- Hvordan forholde seg til risiko?
- Hvordan analysere usikkerhet?
- Hvordan skille mellom ulike typer klimatilpasningstiltak?
- Hvordan prioritere mellom ulike typer klimatilpasningstiltak?
- Hvordan identifisere mulige hindringer i klimatilpasningsarbeidet?

I det videre omtaler vi hvert av disse spørsmålene nærmere.

Kategorier av klimasårbarhet

I figur 1 har vi vist analysemodellen som ligger til grunn for vår tilnærming til det å analysere klimasårbarhet og –tilpasning. Her har vi bl.a. skilt mellom naturlig og samfunnsmessig sårbarhet. I det videre vil vi splitte den siste kategorien i to underkategorier: samfunnsøkonomisk og institusjonell sårbarhet. Den første betyr hvor eksponert samfunnet er i en fysisk forstand for samfunnsendringer, mens den andre betyr samfunnets evne til å redusere klimasårbarheten ved å gjennomføre tilpasningstilak – i denne sammenhengen avgrenset til offentlige (statlig, fylkeskommunal og kommunal) institusjoners evner.

Tabellen under viser de klimaparametre vi har funnet å være særlig relevante som indikatorer for den *naturlige* klimasårbarheten i kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. De ulike klimaparametrene kan igjen utløse effekter i naturen som skred og flom. Enkelte klimaparametre kan også kombineres for slik å komme fram til avledede parametre, som for eksempel råteindeks (kombinasjon av nedbørs- og vindparametre). Delrapport 2 gir detaljerte tabellverdier for disse parametrene.

***Tabell 2** Indikatorer for den naturlige klimasårbarheten i kommunal og fylkeskommunal infrastruktur*

Klimaparametre	Areal	Bygg	Vann	Transport	Kraft
Temperatur					
• Temperaturvariasjoner generelt	●	●	●	●	●
• Lengde vekstsesong	●				
• Tidlige varmeperioder om våren	●			●	
• Sommertørke	●				
• Fryse–tine perioder	●	●		●	
• Ising					●
Nedbør					
• Nedbørsvariasjoner generelt	●	●	●	●	●
• Ekstremnedbør	●	●	●	●	●
• Høstnedbør	●				
• Snøvarighet	●		●	●	
Vind		●		●	●
Avrenning	●	●	●	●	
Havnivå og stormflo		●	●	●	

For vurdering av den *samfunnsøkonomiske* klimasårbarheten har vi lagt til grunn den tilnærmingen som ble utviklet i et tidligere prosjekt for KS forskning om naturskade (Selstad, 2008) og et pågående prosjekt i prosjektet om lokal klimatilpasning (NORADAPT) (Selstad, 2010). I denne tilnærmingen er det bl.a. lagt vekt på hvordan endringer i lokalisering av og vedlikehold og utforming av fysisk infrastruktur bestemmer eksponeringen for klimapåvirkning.

***Tabell 3** Indikatorer for den samfunnsøkonomiske klimasårbarheten i kommunal og fylkeskommunal infrastruktur*

Tema og undertema	Lokalisering	Drift/utforming
Forvaltning av dyrka og dyrkbar mark	• Nedbygging av dyrka mark i sentrale strøk • Nedlegging av bruk i perifere strøk	• Økende pris på kunstgjødsel og fossil energi • Gjengroing av utmarka • Økt mekanisering
Private bygninger	• Lokalisering nærmere vassdrag og strandlinje • Sentralisering nasjonalt og innen	• Ikke relevant

	kommuner	
Kommunale og fylkeskommunale bygninger	• Regional sentralisering	• Vedlikeholdsetterslep
Kommunale og fylkeskommunale veier	• Hoveddelen av utbygging av norske veier på det nærmeste sluttført	• Økt mobilitet • Økt krav til tilgjengelighet
Kommunale kaier	• Sentralisering gir behov for å opprettholde færre små kommunale kaier	• Økt varetransport generelt • Økt varetransport på sjø
Kommunal og fylkeskommunal transport	• Lokal sentralisering av skole, sykehus og sosial omsorg	• Økt transportbehov • Økt krav til tilgjengelighet
Vann- og avløpsanlegg	• Fortetting • Sentralisert urbanisering	• Stort vedlikeholdsetterslep • Underdimensjonering i store byer
Kratflinjer	• Økt utbygging av fornybar energi • Økt eksport av elektrisitet • Flere nye linjestrekk	• Økt behov for opprusting og vedleikehold av eksisterende nett
Anlegg for telekommunikasjon	• Økt behov for fysisk infrastruktur	• Økte krav til kapasitet og kvalitet på elektronisk kommunikasjon

Når det gjelder *institusjonell* klimasårbarhet har vi et noe svakere kunnskapsgrunnlag enn tilfellet er for den naturlige og samfunnsøkonomiske klimasårbarheten for å peke på gode indikatorer. Noen slike mer overordnede indikatorer kan være:

- Endringer av den kommunale og fylkeskommunale administrative kompetanse og kapasiteten innen forvaltning av fysisk infrastruktur, miljøvernområdet og arealplanlegging
- Økende krav til kommunal og fylkeskommunal tjenesteproduksjon som en kombinasjon av et strammere arbeidsmarked (tilgang på relevant kompetanse) og økte behov (for eksempel knyttet til ”eldrebølgen”)
- Hel- eller delprivatisering av driftsoppgaver innen offentlig virksomhet og tilhørende etablering av kontrollregimer for å sikre kvaliteten i utøvingen av driftsoppgavene.
- Styrking av sektorisering og spesialisering og svekking av sektorovergripende koordinering

Vi har lagt til grunn den inndelingen vist over i våre analyser av klimasårbarhet (se senere).

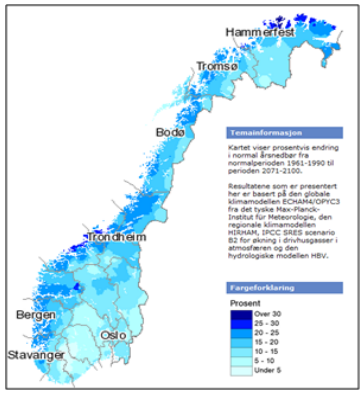
Vurdering av risiko

Det å prøve å forholde seg til muligheten for klimaendringer innebærer at man må bestemme seg for hvordan forholde seg til risiko. Rent generelt kan vi tenke oss tre prinsipielt ulike tilnærminger, her relatert til hvordan forholde seg til spådommer om klimaendringer:

- Risikotaking: man tar utgangspunkt i de *minst* dramatiske framskrivingene av klimaendringer og satser på at det ikke blir verre
- Gjennomsnittsvurdering: man tar utgangspunkt i *gjennomsnittsverdiene* for framskrivingene av klimaendringer
- Risikovegring: man tar utgangspunkt i de *mest* dramatiske framskrivingene av klimaendringer og blir heller positivt overrasket om det blir bedre.

NOU klimatilpasning tar til orde for en risikovegring og anbefaler derfor følgende når det gjelder analyser av klimasårbarhet (s. 206): ”Den eller dei klimaframskrivingane som inneber størst utfordringar blir brukt som utgangspunkt for vurderingar av moglege konsekvensar og tiltak”.

Det er viktig å være klar over at mange analyser av klimasårbarhet legger til grunn en gjennomsnittsvurdering. Dette er for eksempel tilfellet i kartene over mulige klimaendringer som presenteres på www.senorge.no. I tillegg til at man da har en annen risikotilnærming enn det som blir anbefalt av NOU klimatilpasning, har slike gjennomsnittsvurderinger også et problem ved at variasjonen i klimaframskrivingene delvis skjules. For enkelte klimaparametre er det store variasjoner mellom ulike klimamodeller for hvordan disse spør den geografiske fordelingen av forventede klimaendringer. Dette har man forsøkt å rette opp på de presentasjonene som gis på www.klimatilpasning.no, der det er vist hvordan framskrivningene varierer – men fortsatt så presenteres gjennomsnittsverdiene på en slik måte at det er lett å oppfatte dette som den mest ”gjengse” verdien. I våre analyser har vi lagt vekt på å få fram at de øvre og nedre verdiene for de ulike klimaparametrene i våre analyser er like sannsynlige. Videre har vi – i tråd med anbefalingene fra NOU klimatilpasning – lagt til grunn de verdiene som er ”verstefallsverdier”.



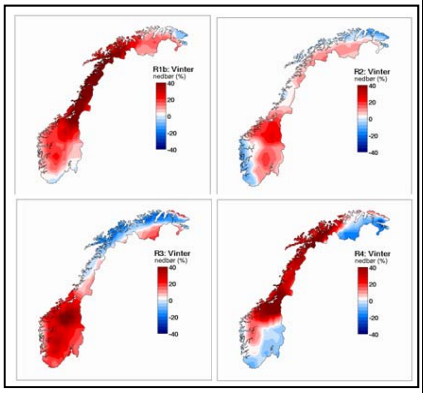
Utelukkende gjennomsnittsverdi

Kilde: www.senorge.no



Variasjonsbredde men vekt på gjennomsnittsverdi

Kilde: www.klimatilpasning.no



Variasjonsbredde uten vekt på gjennomsnittsverdi

Kilde: Prosjektets beregninger

Figur 2 *Eksempler på ulike framstilling av klimaframskrivinger*

Under er gitt et talleksempel fra "nedbørsfylket" Sogn og Fjordane. Her ser vi at med de klimaframskrivingene som er brukt i vårt prosjekt, så får vi fram at variasjonsbredden kan være svært stor (i dette tilfellet for framskriving av vinternedbøren from mot 2050, der variasjonen mellom øvre og nedre anslag er på opp mot 20 prosentpoeng (fra – 5,8 % til + 20,5 %). Vår tilnærming vil være som følger: (1) Få fram variasjonen mellom like sannsynlige klimaframskrivinger lokalt, og (2) legge til grunn "verstefallsverdien" (som vil variere for ulike tema; eksempelvis vil verstefallsverdien i en analyse av vinterturisme være alternativet med størst reduksjon i vinternedbøren, mens verstefallsverdien for veitransport kan være størst økning i vinternedbøren).

Tabell 4 *Eksempel fra Sogn og Fjordane på variasjoner i forventede klimaendringer (eksempel endringer i nedbør fra 1961-90 til år 2050)*

Årstid	Nedre anslag	Øvre anslag	Variasjonsbredde
Vinter	- 5,8 %	+ 14,7 %	20,50 %
Vår	+ 1,3 %	+ 2,5 %	1,20 %
Sommer	- 8,2 %	+ 9,9 %	18,10 %
Høst	+ 13,6 %	+ 25,8 %	12,20 %

Vurdering av usikkerhet

Vurdering av usikkerhet er svært sentralt i framstilling av sårbarhet for klimaendringer og i neste omgang for vurdering av tilpassing til denne sårbarheten. På den ene siden er det viktig å ha klart for seg at det er knyttet stor usikkerhet til dette feltet; samtidig er det viktig å ikke bli handlingslammet ut fra en oppfatning av at "alt" er usikkert. Utgangen av dette dilemmaet kan være å prøve å differensiere usikkerheten.

Et viktig poeng for oss har vært å prøve å få fram en typologi på usikkerhet som kan gjøre det enklere for beslutningstakere å forholde seg til usikkerhet når man skal utvikle strategier og tiltak for klimatilpasning. Ett hovedgrep har derfor vært å prøve å bevege seg vekk fra usikkerhet "i" til usikkerhet "for". Usikkerhet "i" henspiller for eksempel på det å analysere usikkerheten *i* klimaprognosene, mens usikkerhet "for" henspiller på den usikkerheten beslutningstakeren opplever når det skal fattes beslutninger om strategier og tiltak for klimatilpasning. Disse to dimensjonene – "i" og "for" – trenger nemlig ikke være like. Vi har over vist hvordan en stor variasjonsbredde i nedskaleringer av klimaendringer ikke er det samme som at usikkerheten er større enn hvis vi har en situasjon med mindre variasjonsbredde. Usikkerheten "i" klimanedskaleringene er m.a.o. derfor ikke nødvendigvis større ved en stor enn en liten variasjonsbredde. Men usikkerheten "for" beslutningstakeren vil rimeligvis være større ved en stor variasjonsbredde.

Vi foreslår en to-dimensjonal tilnærming til usikkerhet. Den første aksen gjelder *lokalisering av* usikkerheten; dvs hvor i klima, natur eller samfunn usikkerheten opptrer. Med "natur" mener vi her økosystemer – eks skoggrensen i fjellet eller vannføring i et vassdrag – og med "samfunn" mener vi den mer menneskeskapte delen av våre omgivelser, eks byer, veier osv. Den andre akse dreier seg om *type* usikkerhet. Her er det et poeng ikke bare å skille mellom *grader* av usikkerhet (stor-liten) men også *kvalitative* forskjeller. Vi skiller mellom fire hovedtyper av usikkerhet:

- *Grunnleggende* usikkerhet: Vi kjenner ikke de grunnleggende årsak-virkning sammenhengene eller disse sammenhengende styres utelukkende av tilfeldigheter.
- *Modell* usikkerhet: Vi har en grunnleggende innsikt når det gjelder årsak-virkning, men vi har ikke klart å utvikle gode nok modeller for å ta hensyn til disse forholdene på en tilfredsstillende måte i våre framtidsscenarioer.
- *Skala*usikkerhet: Vi har en grunnleggende innsikt når det gjelder årsak-virkning og vi har klart å modellere disse sammenhengene, men vi får store variasjoner mellom ulike framskrivinger når vi prøver å skalere ned.
- *Data* usikkerhet: Vi har en grunnleggende innsikt når det gjelder årsak-virkning og vi har klart å modellere disse sammenhengene, men har ikke tilstrekkelig datagrunnlag til å få nok pålitelige resultater fra modellene.

I tabellen under har vi oppsummert vårt forsøk på å etablere en samlet usikkerhetstypologi for klimasårbarhet og klimatilpasning. Det er viktig å poengtere at det ikke ligger noen skala i form av økende usikkerhet fra modell- til datausikkerhet. Vårt hovedpoeng er å få fram kvalitative forskjeller mellom ulike typer usikkerhet, for dermed å få fram at ulike typer usikkerhet kan betinge ulike strategier for å redusere usikkerheten slik den oppleves for en beslutningstaker. En ”stor” usikkerhet knyttet til datausikkerhet vil rimeligvis betinge helt andre tiltak når det gjelder å redusere usikkerheten for beslutningstakere enn en ”stor” usikkerhet knyttet til skalausikkerhet.

Tabell 5 *Forslag til en typologi for usikkerhet ved analyse av sårbarhet for klimaendringer og vurdering av mulige tiltak for tilpasning til klimaendringer. Illustrert for temaet ”bygninger”.*

	Lokalisering av usikkerheten		
Typer usikkerhet	Klima	Natur	Samfunn
Grunnleggende usikkerhet	Ekstremvind (vi har ikke tilstrekkelig kunnskap om hva som styrer forekomsten av ekstremvind)	Skred (vi har ikke tilstrekkelig kunnskap om hva som styrer forekomsten av alle typer skred)	Internasjonal økonomi (vi har ikke tilstrekkelig kunnskap om hvordan den internasjonale økonomien vil utvikle seg de neste 100 årene, og hvordan dette vil virke inn på etterspørsel etter og bruken av bygninger i Norge)
Modellusikkerhet	Konsekvenser av ekstremvind (modellene klarer ikke å si godt nok om vi får mer ekstremvind)	Konsekvenser av skred (modellene klarer ikke å si godt nok om vi får mer skred for alle typer skred)	Utbyggingsmønstre og utforming av bygninger (vi har ikke gode nok modeller for å spå med 50 årsperspektiv hvordan det framtidige utbyggingsmønster og utformingen av bygninger vil bli)
Skalausikkerhet	Fordeling av generell nedbørsendring (stor variasjon mellom ulike klimamodeller i framskriving av nedbør langs øst-vest aksen i Norge)	Fordeling av regnflom i mindre vassdrag (delvis som en følge av skalausikkerhet når det gjelder nedbør klarer vi ikke å si godt nok hvor nye forekomster av regnflom i mindre vassdrag kan opptre)	Fordeling av etterspørsel etter og bruken av bygninger (vi har ikke gode nok befolkningsprognoser med 50 årsperspektiv til å spå befolkningsutviklingen lokalt, og dermed også viktige rammer for etterspørsel etter og bruk av bygninger)
Datausikkerhet	Ekstremnedbør (manglende lokale registreringer av ekstremnedbør)	Skred (for de typer skred der vi har gode modeller og der skalausikkerheten også er lav, kan det mangle lokale data for å si noe mer presist om skredfaren)	Eksponering for klimapåvirkning i eksisterende bygningsmasse (vi mangler i mange tilfeller data om tilstand i bygningsmassen lokalt)

Kategorier av klimatilpasningstiltak

Det er et viktig skille mellom tilpasning til dagens og morgendagens klima, men samtidig en åpenbar sammenheng. Er samfunnet dårlig tilpasset dagens klima – i betydningen for eksempel dårlig vedlikeholdt infrastruktur – så er det rimeligvis stor sannsynlighet for at sårbarhet for klimaendringer (hvis de skjer til det

"verre") er tilsvarende stor. I NOU klimatilpasning er begrepet "tilpasningsunderskudd" lansert som en betegnelse på en for dårlig tilpasning til dagens klima, og da i form av dårligere vedlikehold enn det som i dag ansees som optimalt. Under har vi laget et forslag til en hovedinndeling av klimatilpasningstiltak, der den første kategorien er tilpasning til *dagens* klima, mens de øvrige er tilpasning til *klimaendringer*.

Tabell 6 *Forslag til hovedinndeling av lokale klimatilpasningstiltak*

	Tilpasning til dagens klima	Tilpasning til morgendagens klima
Forberedelse til tilpasning	• Styrking av institusjonell kapasitet • Analyse av sårbarhet	• Styrking av institusjonell kapasitet • Analyse av sårbarhet • Informere om sårbarhet for klimaendringer • Vente-og-se
Aktiv tilpasning	• Styrke vedlikehold av eksisterende infrastruktur	• Effektinnrettede tiltak (øke robustheten ifht forventede klimaendringer) • Årsaksinnrettede tiltak (redusere eksponeringen for klimapåvirkning)

Tilpasning til dagens klima

Rimeligvis vil det være store likheter mellom hovedkategorier av tilpasning til dagens og morgendagens. I begge tilfeller mener vi at det er viktig å styrke den institusjonelle kapasiteten, analysere sårbarheten og gjøre aktive tilpasningstiltak. Samtidig mener vi det er forskjeller i innholdet i disse aktivitetene.

- *Styring av institusjonell kapasitet*: Den viktigste forskjellen her er at tilpasning til morgendagens klima krever en noen annerledes endringskompetanse, muligens også en større administrativ kapasitet, enn tilfellet er for tilpasning til dagens klima. Det å forstå og kunne omsette kunnskap om hvordan *endringer* i klima og samfunn skaper *nye former* – ikke bare nye grader – av sårbarhet, stiller andre krav til institusjonell kapasitet enn det å forholde seg til i prinsippet en framskriving av historiske hendelser. I mange tilfeller vil "omfanget" av den institusjonelle kapasiteten være fordårlig til å håndtere dagens klimautfordringer (noe NOU klimatilpasning også har dokumentert), mens "karakteren" (for eksempel type kunnskap og rutiner) på den institusjonelle kapasiteten vil i de fleste tilfeller være relativt lik.
- *Analysere sårbarheten*: Den viktigste forskjellen dreier seg om usikkerhet. Ved å bruke historiske data vil man kunne etablere modeller som angir sannsynligheten for gitte hendelser, for eksempel ras og flom, mens dette er prinsipielt vanskelig – i noen tilfeller umulig – å gjøre når det gjelder analyse av sårbarhet i forhold til morgendagens klima. Ofte vil sårbarhetsanalyser i forhold til dagens klima innen fysisk infrastruktur dreie seg om å vurdere grad av vedlikeholdsetterslep.
- Gjøre *aktive tilpasningstiltak*: I tråd med punktet over vil tilpasninger til dagens klima innen fysisk infrastruktur i mange tilfeller dreie seg om å ta igjen etterslep i vedlikehold.

Tilpasningen til morgendagens klima

En rekke undersøkelser har dokumentert at den institusjonelle kapasiteten i kommuner og fylkeskommuner har utviklet seg negativ det siste tiåret på de områder som trolig er sentrale når det gjelder tilpasning til klimaendringer. Det gjelder på miljøområdet, arealplanlegging, beredskap, bygningsteknikk, bygningskontroll og transportinfrastruktur. NOU klimatilpasning har spesielt trukket fram det som gjelder arealplanlegging og foreslått følgende(NOU 2010:10, side 17): "Utvalet vil … tilrå at kommunane blir tilførte øyremerkte midlar for å styrkje plankapasitet og plankompetanse, slik at klimatilpassing kan integrerast i arealplanlegginga". På bakgrunn av dette har vi lansert det å *styrke den institusjonelle kapasiteten* som en forutsetning for både å kunne analysere klimasårbarhet og gjennomføre aktive tilpasningstiltak. Dette kan skje på flere måter:

- Styrke relevant *politisk* kompetanse (for eksempel i forbindelse med folkevalgtopplæringen av nytt kommunestyre).
- Styrke relevant administrativ *kompetanse* (enten innleid eller styrke egen administrativ kompetanse).
- Styrke relevant administrativ *kapasitet* (funn fra mange analyser av vilkår for kommunalt miljøvernarbeid viser at det ofte ikke er mangelen på kompetanse, men mangelen på kapasitet som er hovedproblemet).
- Innarbeide hensyn til klimatilpasning i relevante lovpålagte *kommunale* planprosesser, som kommuneplanlegging og sektorplanlegging innen fysisk infrastruktur.
- Styrke eksisterende og/eller etablere nye *administrative rutiner og prosedyrer* (for eksempel styrke rutiner for risiko- og sårbarhetsanalyser i arealplanlegging, innarbeide hensyn til klimatilpasning i rutiner for kommunal saksbehandling osv).

- Endre *kunnskapsperspektiv* fra konvensjonell kunnskap (som kanskje har vist seg tilstrekkelig til å håndtere dagens klimautfordringer) til alternativ kunnskap (for eksempel ta i bruk alternative metoder for overflatebehandling av vann som supplement til eller erstatning for å fokusere på økte rørdimensjoner).

En første analyse av klimasårbarhet lokalt vil ofte avdekke behov for *videre analyser av sårbarheten for klimaendringer* før kunnskapsgrunnlaget blir vurdert å være tilstrekkelig for å kunne bestemme seg for mer aktive tilpasningstiltak. Dette kan dreie seg om å gjøre mer detaljerte studier av for eksempel flom- og rasfare, bestille lokale klimaframskrivinger for mer spesifiserte klimaparametre enn det som er tilgjengelig på for eksempel www.senorge.no eller gjøre mer detaljerte analyser av hvordan utviklingen i lokalsamfunnet kan bli det neste 20-30 årene med tanke på om eksponeringen for klimapåvirkning vil kunne øke eller gå ned (for eksempel arealbruksmønster).

Det å *informere* lokalt om resultatene av de lokale analysene av klimasårbarhet kan ha to ulike formål: Det mest åpenbare er å berede grunnen for å drøfte aktuelle tilpasningstiltak, men det å informere om lokal klimasårbarhet kan også (i prinsippet også istedenfor) ha som formål å øke motivasjonen for å gjennomføre tiltak for å redusere klimagassutslipp. Måten man kan informere vil variere mye, ut fra ressurstilgang, tradisjon lokalt og målgruppe for informasjonen. Vi kan i alle fall skille mellom tre målgrupper:

- Generell informasjon til offentligheten. Aktuelle informasjonskanaler kan være kommunens hjemmeside, informasjonshefter, åpne møter.
- Målrettet informasjon til utvalgte lokale aktører utenom kommuneorganisasjonen. Aktuelle informasjonskanaler kan være brosjyrer til husstander, lokalt næringsliv osv.
- Målrettet informasjon til enheter i kommuneorganisasjonen. Aktuelle informasjonskanaler kan være seminarer og etterutdanningstilbud til ansatte og folkevalgte.

Vår siste kategori av tiltak som faller inn under overskriften ”forberedelser til tilpasning” er det vi i tabellen over har betegnet som ”*vent-og-se*”. Umiddelbart kan dette synes som en måte å vri seg unna et ansvar for aktiv tilpasning, men i enkelte tilfeller kan det være svært rasjonelt å ”vente” før man gjør noe. Eksempel på situasjoner der det kan være fornuftig å vente-og-se:

- Grunnleggende mangel på kunnskap
- Ressursmangel
- Mangel på statlige retningslinjer

Figur 1 i innledningen til denne rapporten har vi forsøkt å få fram et skille mellom en *effekt-* og *årsaksinnretting* av de konkrete tilpasningstiltakene. Poenget her er å skille mellom tiltak som er avgrenset til å gjøre samfunnet bedre rustet til å tåle virkningene av klimaendringer og tiltak som reduserer samfunnets eksponering for de samme klimaendringene. Begrepsparet har fått sin anvendelse i miljøpolitikken gjennom Brundtlandrapporten ”Vår Felles Framtid” fra 1987, som hadde som en av sine generelle hovedanbefalinger at miljøpolitikken bør endres fra effekt- til årsaksinnretning. Dette er et skille som også blir brukt i samfunnssikkerhets- og beredskapssammenheng, men da gjerne med en noe annerledes ordbruk. Her skiller man gjerne mellom hhv skadebegrensende og skadeforebyggende tiltak. Anvendt på *klimaområdet* er det viktig å være klar over at dette skillet kan bety ulike ting i utslipps- og tilpasningsdelen av klimapolitikken. I noen sammenhenger blir klimatilpasning ofte omtalt som effektinnretning og utslippsreduksjoner som årsaksinnretning. I vår sammenheng – når det gjelder klimatilpasning - vil dette skillet opptre på følgende måte:

- *Effektinnrettede* tilpasningstiltak: Tiltak for å redusere mulige negative virkningene av forventede klimaendringer (for eksempel å bygge rasvoller), eller prøve å høste mulige positive virkninger (for eksempel skifte til mer sørlige jordbruksvekster som er tilpasset en høyere gjennomsnittstemperatur). Typisk vil effektinnrettede tiltak være av mer teknisk eller fysisk karakter, og ofte være økonomisk kostnadskrevende.
- *Årsaksinnrettede* tilpasningstiltak: Tiltak for å redusere samfunnets eksponering for klimapåvirkning, og dermed redusere sannsynligheten for at negative virkninger av klimaendringer i det hele tatt skal oppstå (som for eksempel å hindre bygging av boliger i rasutsatte områder). Typisk vil årsaksinnrettede tiltak være av mer regulativ art, som arealplanlegging, og derfor ofte være mer politisk enn økonomisk kostnadskrevende.

For de aktive tilpasningstiltakene kan vi videre skille mellom et strategisk og operasjonelt nivå.

- Det *strategiske* nivået vil omfatte planprosesser som rehabiliteringsplaner for vann og avløp, bruk av reguleringsplaner til å planlegge flomvannveger og soner for havnivåstigning, planer for tilpasning av

kulverter og rassikring av veger og plassering av bygg og annen infrastruktur i forhold til ulike risikosoner.

- Det *tekniske* nivået vil omfatte slikt som valg av bygningsmaterialer og tekniske bygningsløsninger som bedre tåler framtidig klima, valg av nødvendig høyde for nye havner og dimensjonering av moloer, detaljplanlegging og dimensjonering av vann og avløpssystemer osv. Samlet sett kan vi dermed skille mellom fire varianter av aktive tilpasningstiltak som vist i tabellen under.

I våre analyser har vi lagt til grunn inndelingen som er omtalt over (se senere).

Prioritering av klimatilpasningstiltak

NOU klimatilpasning gir en gjennomgang av aktuelle beslutningskriterier for beslutninger under usikkerhet (kap 3.4.2). Følgende kriterier omtales: Bærekraftig utvikling, føre-var prinsippet, risikovegring og nytte-/kostnadskriteriet.

Utvalget kommenterer bruken av målet om en *bærekraftig utvikling* som et beslutningskriterium i klimatilpasningssammenheng på følgende måte (NOU 2010:10, s 35): "I denne samanhengen inneber målet at menneskeleg aktivitet i samfunn og naturmiljø må skje på ein slik måte at vi ikkje gjer naturen og samfunnet mindre robuste overfor klimaendringar. Det er difor viktig at val av tilpassingstiltak er basert på tiltaket sin totale (eller samla) verknad".

Utvalget viser videre til at *føre-var prinsippet* har fått en sentral plass i norsk miljøpolitikk, bl.a. i loven om forvaltning av biologisk mangfold. Prinsippet innebærer at i situasjoner med stor usikkerhet om konsekvenser av et gitt planlagt tiltak, og der det likevel er berettiget grunn til å frykte at konsekvensene av tiltaket er omfattende og irreversibelt, skal det legges til grunn ekstra stor aktsomhet; populært formulert som at "tvilen skal komme naturen til gode". Om anvendelse av føre-var prinsippet i klimatilpasningssammenheng skriver utvalget (NOU 2010:10, s 35): "….tvilen skal komme naturen til gode dersom det er stor fare for mangfaldet i naturen. Føre-var-prinsippet vil gjelde ved klimatilpassing òg, i dei tilfella eventuelle tiltak vil påverke naturen".

Utvalget peker videre på at føre-var prinsippet er nært knyttet til et mer generelt beslutningskriterium om *risikovegring*, og viser til eksempelet at risikovegring kan knyttes til det å ville tegne forsikring.

Nytte-/kostnadskriteriet og kostnadseffektivitet er to nært sammenknyttede begreper. *Kostnadseffektivitet* blir ofte framhevet som et sentralt styringskriterium i norsk klimapolitikk. I den siste stortingsmeldingen om klimapolitikk defineres *kostnadseffektivitet* på følgende måte[7]: "Kostnadseffektivitet innebærer at virkemidlene utløser tiltak som gir størst mulig utslippsreduksjon for de ressursene som settes inn".

I den samme stortingsmelding trekkes *styringseffektivitet* fram som det andre av det meldingen omtaler som to sentrale kriterier i klimapolitikken. Meldingen gir følgende definisjon av dette prinsippet[8]: "Styringseffektivitet vil si at en valgt virkemiddelbruk skal lede til at målene nås med størst mulig grad av sikkerhet".

Medvirkning omtales ikke i den siste klimameldingen. Dette er imidlertid et sentralt kriterium i kommunal politikkutforming og har hatt en sentral plass i den statlige miljøpolitikken overfor kommunene; ikke minst gjennom Lokal Agenda 21 satsingen. Medvirkning er videre et bærende element i plan- og bygningsloven. Medvirkning omtales og gis stor vekt i den gjeldende Plan- og bygningsloven[9]. Planlovutvalgets første delutredning (NOU 2001:7) definerer medvirkning slik: "Med medvirkning menes enkeltpersoner og gruppers rett til å delta i og påvirke beslutningsprosesser. Medvirkning betyr at innbyggerne i et samfunn er med på selv å planlegge sin framtid".

Et komplett kriteriesett for å prioritere tiltak for klimatilpasning burde ut fra det som er omtalt over inkludere hensyn til både bærekraftig utvikling, føre-var prinsippet, kostnadseffektivitet, styringseffektivitet og medvirkning. Vi mener imidlertid at det kan stilles spørsmål ved om kostnadseffektivitet er et anvendbart styringsprinsipp i klimatilpasningssammenheng, og da ut fra følgende problemer:

- Det *første* problemet er at klimatilpasning innebærer at man må bruke en flere-dimensjonal nyttefunksjon, dette i motsetning til hva som er tilfellet innen klimatilpasning der man kan operere med en én-dimensjonal nyttefunksjon (reduksjon og binding av klimagassutslipp). Når det gjelder klimatilpasning er det flere typer nytter. Noen ganger er det reduksjon i tap av menneskeliv (typisk i

[7] Side 48 i http://www.regjeringen.no/pages/1988897/PDFS/STM200620070034000DDDPDFS.pdf
[8] Side 48 i http://www.regjeringen.no/pages/1988897/PDFS/STM200620070034000DDDPDFS.pdf
[9] Jf kapittel 6 i T-2/09 "Ikraftsetting av ny plandel i plan- og bygningsloven" (http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/rundskriv/2009/ikraftsetting-plandel-plan-bygningslov/6-medvirkning-i-planleggingen-herunder-o.html?id=571089)

forhold til temaet naturskade); i andre tilfeller reduksjon i vedlikeholdsutgifter (for eksempel endring i utføring av bygg for å redusere faren for råteskader og påfølgende vedlikeholdsbehov); i atter andre tilfeller kan det være en nytte som rett og slett er vanskelig å tallfeste (for eksempel økt langsiktig forsyningssikkerhet for matvarer ved å verne dyrka jord mot utbygging).

- Det *andre* problemet dreier seg om tallfesting av kostnad og nytte. Samfunnsøkonomisk analyse eller kost/nytte vurdering har som nødvendig forutsetning at man kan tallfeste både nytte og kostnader, for dermed å komme fram til en nytte/kostnadsbrøk eller et anslag for samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Prioriteringer gjøres da i sin mest rendyrkede form ut fra størrelsen på nytte/kostnadsbrøken eller størrelsen på den samfunnsøkonomiske lønnsomheten. Høyest verdi tilsier høyst prioritet. Problemet med denne tilnærmingen er at den forutsetter at vi kjenner alle nytte- og kostnadselementene *og* at disse kan tallfestes; i sin mest rendyrkede form at nytte- og kostnadselementene også kan omgjøres til kroner og øre. Det å tallfeste en nytteverdi av for eksempel å unngå ras eller å ha arealer i reserve til mer arealkrevende jordbruksproduksjon er en svært krevende øvelse, der verdiberegninger i kroner og øre lett framstår som svært hypotetiske.
- Det *tredje* problemet er at nytten av klimatilpasning ofte er så langt fram i tid at verdsetting av den nytten i kroner og øre kommer ut med en svært lav verdi. For å regne "tilbake" til i dag verdien av framtidig nytte brukes normalt en diskonteringsrate. Denne skal reflektere hva det koster å binde kapital i langsiktige anvendelser, og Finansdepartementet fastsetter hvilken rate som skal legges til grunn for statlige investeringer. Diskonteringsraten er per dags dato 4 % pr år med et såkalt risikotillegg avhenger av type prosjekt som varierer fra 0 til 2 %[10]. Med en tidshorisont på for eksempel 50 år – som kan være vanlig for mer omfattende klimatilpasningstiltak – så vil en diskonteringsrate på 4 % per år medføre at en hypotetisk nytte på 1 million kroner i 2050 blir gjort justert ned med 86 % til ca 135 000 kroner i dag. I de tilfellene der kostnadene kommer i dag vil dermed nytte/kostnadsbrøken med denne metoden systematisk slå svært dårlig ut for klimatilpasningstiltak med en så lang tidshorisont.
- Det *fjerde* problemet er at vi i svært mange tilfeller ikke kjenner sannsynligheten for at en gitt klimaendring vil skje for et gitt lokalsamfunn. Det å kjenne til sannsynligheter er ofte en forutsetning for å kunne gjøre den typen *risiko- og sårbarhetsanalyser* (ROS) som nå er pålagt kommunene å gjøre i arealplansammenheng. Nasjonalt utdanningssenter for samfunnssikkerhet og beredskap (NUSB) underviser kommuner og andre i denne metoden[11]. Denne tilnærmingen tar ofte utgangspunkt i følgende enkle formel: Risiko = sannsynlighet x konsekvens. Hendelser med høy risiko tilsier høyere prioritet når det gjelder forebyggende og skadebegrensende tiltak. Gitt at man i mange tilfeller når det gjelder konsekvenser av klimaendringer bare kjenner mulig skadeomfang (for eksempel øvre og nedre verdi for hvor mye nedbøren kan øke), men ikke sannsynligheten for at nedbøren skal øke med en gitt verdi på et gitt sted en gang i fremtiden, er det derfor svært vanskelig i mange tilfeller å si noe kvalifisert om risikoen.

Med bakgrunn i det som er drøftet over foreslår vi følgende tommelfingerregler som et alternativ til ensidig å prøve å utvikle et nytte/kostnadskriterium, der nummereringen angir en prioritering av klimatilpasningstiltak:

1. Tilpass til dagens klima.
2. Etabler en tilstrekkelig institusjonell kapasitet for å håndtere arbeidet med tilpasning til klimaendringer.
3. Analyser sårbarheten for klimaendringer.
4. Informer om lokal sårbarhet og tilpasningsutfordringer.
5. Vurder om det er mest fornuftig å "vente-og-se" med ytterligere tiltak.
6. Prioriter strategisk før operasjonelt arbeid.
7. Prioritere årsaks- før effektinnrettede tiltak.
8. Prioritere tiltak som vil være fornuftige uansett om klimaendringer blir store eller små ("no-regret-tiltak")
9. Klimatilpasning må ikke føre til vesentlig økte utslipp av klimagasser
10. Klimatilpasning må ikke være i konflikt med målet om en bærekraftig utvikling

[10] Finansdepartementet (2005): *Behandling av kalkulasjonsrente, risiko, kalkulasjonspriser og skattekostnad i samfunnsøkonomiske analyser.* Rundskriv R-109/05 (http://www.regjeringen.no/Upload/FIN/Vedlegg/okstyring/rundskriv/faste/r_109_2005.pdf)

[11] Se for eksempel her: http://www.nusb.no/course_detail.asp?id=186

Kategorier av hindringer

Med hindringer mener vi en identifiserbar "motstand" mot å gjennomføre en ønsket strategi eller tiltak for klimatilpasning. Hvordan vi definerer strategier og tiltak vil med andre ord være bestemmende for hvordan vi definerer hindringer. Vi skiller derfor mellom tre innretninger av klimatilpasningspolitikken – og dermed også tre ulike perspektiver på det å identifisere mulige hindringer:

Type 1: *Effekt*innrettet tilpasning til *morgendagens* klima (her har hovedfokus vært så langt i debatten omkring klimatilpasning).

Type 2: *Effekt*innrettet tilpasning til *dagens* klima (dette perspektivet har fått mye oppmerksomhet i NOU klimatilpasning, som lanserte begrepet "tilpasningsunderskudd" som betegnelse på manglende tilpasning til *dagens* klima).

Type 3: *Årsaks*innrettet klimatilpasning der man forsøker å endre de prosesser som bidrar til å gjøre samfunnet mer eksponert for klimapåvirkning (så langt den minst fokuserte delen av debatten omkring klimatilpasning).

Om vi avgrenser oss til den *effektinnrettede* tilpasningen til *morgendagens* klima (type 1) kunne en konklusjon være at "usikker kunnskap" er en avgjørende hindring; dvs at vi ikke kan sette i verk tiltak fordi kunnskapen om hvordan klimaendringene vil kunne slå ut på en konkret lokalitet spriker så mye at det er vanskelig å bestemme seg for hvilke tiltak som er aktuelle.

Om vi avgrenser oss til den *effektinnrettede* tilpasningen til *dagens* klima (type 2) kunne en konklusjon være at "manglende prioritering av vedlikehold i dag" er en avgjørende hindring; dvs at uansett hvordan klimaet vil endre seg i framtiden så vil dagens etterslep i vedlikehold gjøre veiene mer disponert for klimaskader enn hvis vi i dag hadde et optimalt nivå på vedlikeholdet.

Om vi avgrenser oss til den *årsaks*innrettede klimatilpasningen kunne en konklusjon være at "økt mobilitet" er den viktigste hindringen; dvs uavhengig av hvordan klimaet endrer seg så medfører den økte mobiliteten økt eksponering for klimapåvirkning.

I våre analyser har vi forsøkt å skille mellom fire hovedkategorier av hindringer ut fra når hindringene opptrer i en ideell prosess fra analyse av utfordringer, valg av mål for innsats, organisering av arbeidet og valg av virkemidler for å nå målene.

Målkonflikter gjelder – som navnet tilsier – konflikter mellom ulike mål, for eksempel ved ønske om etablering av boliger nær sjø og vassdrag satt opp mot et mål om å hindre slik utbygging av hensyn til havnivåstigning eller flomfare. Slike lokaliteter oppfattes av mange som attraktive, samtidig som de kan føre til økt eksponering for flom. Dette er hindringer som forutsetter politiske avklaringer for å kunne løses opp. Hindringer i *virkemiddelbruk* oppstår når man i prinsippet er enige om målet (for eksempel sentrumsnær utbygging), men uenig om viremidlene (for eksempel om kommunen skal ekspropriere eller basere seg på frivillig salg fra grunneierne). Hindringer knyttet til *organisering* gjelder hvordan klimatilpasningsarbeidet blir gjennomført og organisert, mens *usikkerhet* gjelder ulike former for kunnskapsmangel knyttet til analyser av klimasårbarhet og hvordan dette kan hindre klimatilpasning. I tabellen har vi lagt inn mer detaljerte underkategorier av hindringer ut fra innsikter som har kommet fram i tidligere hindringsanalyser og ut fra innsikter i våre analyser av klimasårbarhet og klimatilpasningsmuligheter.

***Tabell 7** Aktuelle kategorier av hindringer innen klimatilpasning*

Hovedkategori	Eksempel på underkategori
Usikkerhet	Grunnleggende usikkerhet
	Modellusikkerhet
	Datausikkerhet
Organisering	Manglende kunnskap
	Manglende kompetanse eller kapasitet
	Manglende rutiner
	Manglende avklaring av ansvarsfordeling
	Manglende koordinering
Virkemidler	Manglende virkemidler
	Uenighet om bruk av virkemidler
	Kunnskapsperspektiv som blokkerer for alternative tilnærminger
Mål	Klimaskepsis
	Vurdering av alvorlighet i klimautfordringene
	Målkonflikter

Det kan også være hensiktsmessig å skille mellom to *grader* av hindringer. Det vi kan kalle *første* ordens hindring, er hindringer mot at tiltaket blir gjennomført i det hele tatt, mens det vi kan kalle *andre* ordens hindringer gjelder kvaliteten i tiltaket; altså at tiltaket ble gjennomført men at det oppsto hindringer som gjorde at kvaliteten på tiltaket ikke ble som ønsket. Første ordens hindring kan for eksempel være mangel på en gitt kompetanse, mens andre ordens hindring kan være at kompetansen finnes – men at den ikke er godt nok utviklet eller ikke godt nok tilgjengelig (for eksempel at arealplanleggeren har klimakompetanse, men ikke har nok avsatt tid til å arbeide med klimatilpasning). Våre analyser vil i første omgang dreie seg om de absolutte første ordens hindringer, men vi vil i noen sammenhenger også peke på andre ordens hindringer.

Hindringstypologien har som utgangspunkt at pengemangel som hindrer gjennomføring av et tiltak, sorterer under kategorien *målkonflikter*. I dette ligger det at når det ikke ”fins penger” til å gjennomføre viktige tiltak, har tiltaket av ulike grunner blitt nedprioritert og ikke nådd opp i konkurranse med andre formål. Når vi ikke har ført ressursmangel opp som en egen underkategori av hindringer, bygger det på en oppfatning av at det er mer interessant å analysere hvilke organisatoriske eller politiske mekanismer som gjør at et tiltak ikke blir gjennomført, enn bare å peke på at det ikke er tilstrekkelige ressurser tilgjengelig. For å belyse med et eksempel fra vegsektoren: Det er mer fruktbart å spørre for eksempel hvorfor det bygges nye veger i stedet for å vedlikeholde de eksisterende, enn å avfinne seg med at det ikke fins nok penger til vedlikehold. Når dette er sagt, innser vi selvsagt at tilgjengelige midler i de fleste tilfeller er begrensede og at det fins oppgaver som er så omfattende at de faktisk ikke lar seg gjennomføre innenfor eksisterende budsjetter uansett hvor sterkt tiltakene skulle bli prioritert. Fysiske tiltak for å sikre vegnettet mot klimarelatert skade er av en slik art; omfanget er rett og slett så stort at vi ikke klarer å kjøpe oss vekk fra problemet selv om vi valgte å sette av vesentlig mer av samfunnets midler til formålet enn det vi gjør i dag. Da kommer sårbarhetsanalyser og planlegging inn som viktige hjelpemidler for å prioritere og sette inn innsatsen der den gir mest nytte per krone.

Eksempel på metode for analyse av lokal naturlig klimasårbarhet anvendt på tema "bygg"

Om metoden

Metoden går i korthet ut på å koble geografisk informasjon (GIS) om eksisterende bygningsmasse med kart over forventet klimapåvirkning. På den måten kan man analysere den naturlige klimasårbarheten for bygningsmassen i en kommune, med opplysninger helt ned på bygningsnivå. Det er gjennomført tellinger av antall bygninger som ligger innefor de forskjellige klimasonene relatert til de utvalgte klimaparametrene. Et overslag av antall bygninger innenfor hver klimasone kan gjøres manuelt, men lokal nedskalering av klimaparametrene er elektronisk basert og forutsetter spesialkompetanse og programvare. Imidlertid tilgjengeliggjør dette prosjektet mye informasjon om konsekvenser av klimaendringene for lokalt og regionalt nivå, og kan derfor nyttiggjøres på et overordnet nivå av kommunene selv.

Utvikling av kart basert på en kombinasjon av nasjonale og regionale kart for dagens klima, nedskaleringer av scenarioer for fremtidig klima og bygningsinformasjon fra Matrikkelen og den enkelte kommune er til en stor grad gjort tilgjengelig gjennom forarbeidet til NOU Klimatilpasning, Byggforskserien12 og dette prosjektet. Metoden benyttet for utvikling av sårbarhetsprofil for casekommunene i dette prosjektet er basert på metodikk utviklet i arbeidet med Klima og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge (Øyen et al., 2010). Øyen et al. koblet bygningsdata fra Matrikkelen med klimadata ved hjelp av IT-baserte analyseverktøy. Det ble gjort beregninger for utvalgte klimaparametre for dagens situasjon (normalperioden 1961 – 1990) og scenarioer for fremtidig klima (scenarioperioden 2071 – 2100), og hvordan klimaendringer vil påvirke bygningsmassen i Norge. Analysene for år 2050 er basert på Bjerknessenterets klimascenarioer beskrevet i delrapport 2. Delrapport 2 og Øyen et al. (2010) gir detaljerte beskrivelser av klimamodeller og forutsetninger.

Det foreligger et godt utviklet sett av indekser for forskjellige klimaparametre for Norge (Lisø og Kvande, 2007 og Øyen et al.2010). Dette er f.eks. frostnedbrytningsindekser, råteskaderisiko i ulike klimasoner, frostmengder, slagregnkart osv, og tilsvarende kart for bl.a. havnivåstigning er under utvikling (v/PhD-stipendiat Anders-Johan Almås). Disse vil kunne være til god hjelp ved utvikling av analyser av den naturlige sårbarheten for bygninger i norske kommuner. En innledende kartlegging av klimautfordringene i kommunen, der man går gjennom tilsvarende klimaparametre som vist i caseanalysene for Lyngen og Fredrikstad kommuner i delrapport 3, vil kunne gi svært verdifull informasjon både om tilpasning og vedlikehold av eksisterende bygningsmasse og hvilke parametre man bør ta hensyn til ved nybygging.

Vi har under laget et sammendrag av klimasårbarhetsanalysen for *Lyngen* kommunes bygningsmasse vist i delrapport 3. Analysen er gjort på grunnlag av informasjon kommunen har levert (bygningstype, antall, plassering, areal og materialbruk) og lokale nedskrivninger av det enkelte klimaparameter i form av klimaparameterkart for to valgte scenarioer. Det er gjort analyser ift. utvalgte klimaparametre og konsekvenser av klimaendringene for bygningsmassen frem mot år 2050 og år 2100.

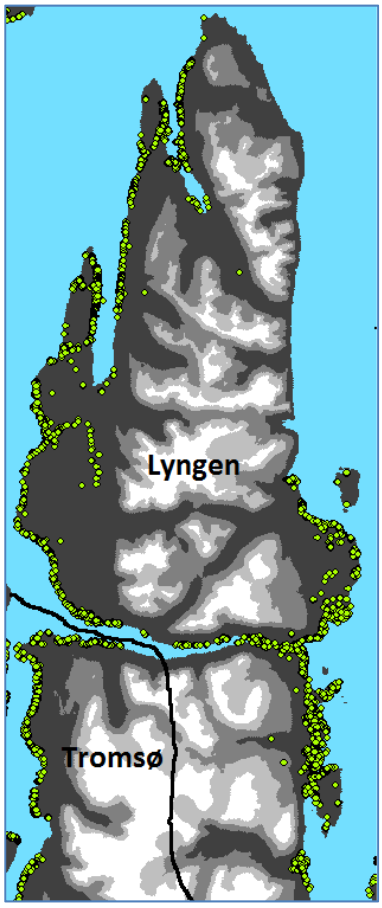
Eksempel fra Lyngen på lokale vurderinger

Topografi, klimapåkjenning og bygningsmasse

Lyngen kommune ligger på en halvøy nordøst for Tromsø, i Troms fylke. Kommunen er preget av et alpint landskap der høye, bratte fjell reiser seg fra fjordene, og flere små isbreer. Lyngenhalvøya er orientert nord/sør i lengderetning, åpner seg mot havet mot nord, men er noe mer beskyttet mot havet i vest. Bygningene er hovedsakelig oppført på sørøstsiden og langs vestsiden av Lyngenhalvøya. Figuren nedenfor viser historiske verdier for tre klimaparametere for Lyngen, basert på normalperioden 1961 – 1990, samt kart over Lyngen og lokalisering av bygninger i kommunen.

[12] http://bks.byggforsk.no/





Klimadata for lyngen:

Årsmiddeltemperatur 3 °C

Årsmiddelnedbør 695 med mer

Årlig energigradtall: ca 5250

Figur 3 *Til venstre, Lyngenhalvøya (kilde: geoNorge.no). Til høyre bygningene i Lyngen kommune markert som grønne prikker (kilde: PhD AJ Almås). Lengs til høyre, klimadata for Lyngen (Værstasjon "91260 Lyngseidet IV").*

Tabellen under viser antall, areal og hovedmaterialer for kommunalt eide bygninger i Lyngen kommune sortert etter bygningstype. Tre er det dominerende hovedmaterialet i bygningsmassen.

Tabell 8 *Kommunale bygninger i Lyngen kommune, sortert etter bygningstype*

Bygningstype	Kommunale bygninger	Areal (m^2)	Hovedmateriale
Småhus	15	2 400	tre
Lagerbygning	2	400	tre
Kontor- og forretningsbygning	1	600	tre
Undervisningsbygning	5	10 500	tre/betong
Annen kulturbygning	1	900	tre
Idrettsbygning	1	1 500	tre/stål
Bygning for religiøse aktiviteter	3	1 100	tre
Helsebygning	2	8 500	tre/stål

Naturlig sårbarhet: 2050

I det følgende gis et kort sammendrag av forventede klimaendringer for Lyngen kommune, og konsekvenser for bygningsmassen diskuteres. Klimanedskrivninger fram mot år 2050 er basert på Bjerknessenterets analyse i delrapport 2.

Tabell 9 *Klimascenario for Lyngen 2050 (verstefall) med tilhørende konsekvenser for bygninger.*

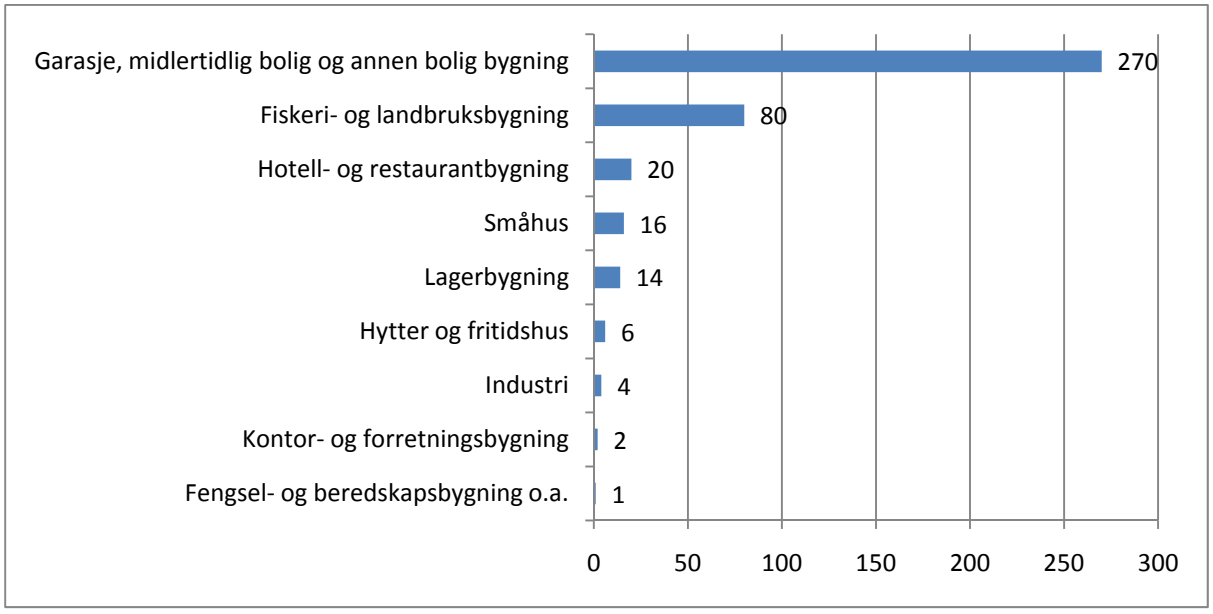
Klimaparameter	Forventede endringer	Konsekvenser for bygninger
Temperatur – vinter	+ 4 °C	Lavere oppvarmingsbehov Lavere risiko for kondensering på innvendige overflater
Temperatur – vår	+ 2.5 °C	Forkortet fyringssesong
Temperatur – sommer	+ 3 °C	Ingen spesielle konsekvenser
Temperatur – høst	+ 3.5 °C	Forkortet fyringssesong
Temperatur – år	+ 3.25 °C	-
Nedbør – vinter	+ 40 %	Større snølast på tak Mer oppdemming av vann Større risiko for inntrenging av vann i bygningen Større problemer med ising på tak
Nedbør – vår	5 %	Ingen
Nedbør – sommer	+ 25 %	Større fuktpåkjenning på tak Større risiko for inntrengning av vann gjennom tak, vegg, vinduer og konstruksjoner under terreng Mer fuktighet i grunnen – større risiko for kapillært fuktoppsug i konstruksjoner under terreng
Nedbør – høst	+ 35 %	Som for sommer
Nedbør – år	+ 20 %	Generelt større risiko for byggfukt i byggeperioden på grunn av for dårlig tildekking og uttørking
Antall 0-punkts passeringer – vinter	+ 6.5 (økning)	-
Antall 0-punkts passeringer – høst	+ 2.5	-
Antall 0-punkts passeringer – år	+ 8.5	Generelt større risiko for frostskader av mineralske bygningsmaterialer (tegl, betong etc.). Større risiko for teleskader Frysing/tining er en betydelig utfordring for byggsektoren allerede i dag
Havnivåstigning	+ 14 cm	Større risiko for korrosjonsskader Større risiko for inntrenging av vann i kjellere Andre følgeskader
Stormflo	+ 246 cm	Stor, men midlertidig, påkjenning på bygninger nær havoverflaten Fuktskader, oversvømmelse av kjellere Korrosjonsskader Andre følgeskader

Naturlig sårbarhet: 2100

Det er her gjort et lite utvalg av analysene som er gjort for hver av de utvalgte klimaparametrene for Lyngen kommune. Her er medtatt utdrag av analysene for havnivåstigning, råterisiko, snølast og våt vinternedbør, og ekstremnedbør og flom i vassdrag. Komplett beskrivelse av sårbarhetsanalysen for Lyngen kommune er i delrapport 3 – Sårbarhetsanalyse.

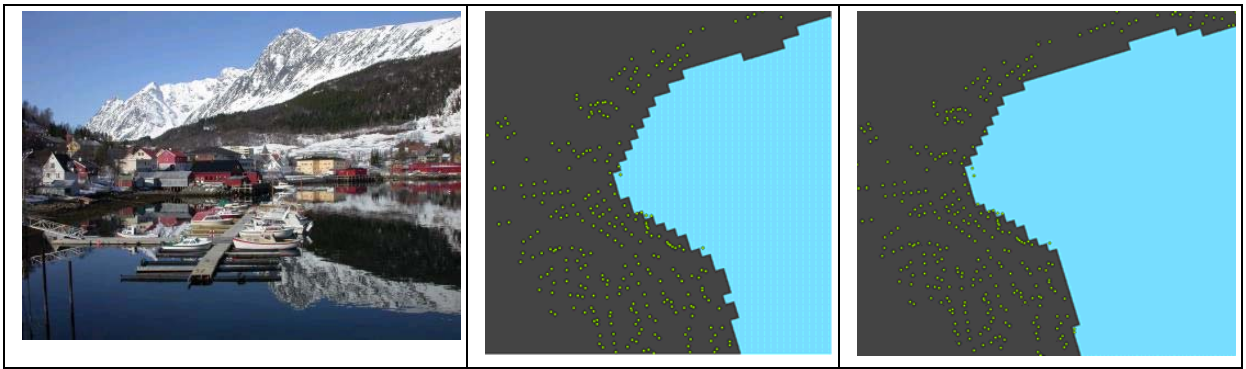
Havnivåstigning

I følge rapporten ”Havnivåstigning – Estimater av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner” (Vasskog 2007) vil havet stige 56 cm frem til år 2100. Stormflonivået vil være 293 cm. Dette vil ha store konsekvenser for bygninger som ligger nær havoverflaten, men også bygninger som ligger lenger fra sjøkanten, pga. sjøsprøyt ved stormflo. Større risiko for korrosjonsskader og oversvømmelse av kjellere og fundamenter er sannsynlige konsekvenser for bygningsmassen. Omfattende fuktskader og råteskader vil også kunne bli konsekvenser. Det er ikke gjennomført analyser for hvor mange bygninger som blir berørt av denne havnivåstigningen i Lyngen. I et pågående doktorgradsarbeid ved NTNU foreligger tellinger for et verstefallsscenario i 2100. Antall bygninger som blir direkte berørt av 1 meter havnivåstigning er kartlagt for alle norske kommuner. Med direkte berørt betyr dette at bygningen vil stå i vann ved normalvannstand. Figuren under viser tallene for Lyngen kommune. Nivået 1 meter er valgt for å dekke usikkerheter i modeller, scenarioer, landkartnull og sjøkantens geometriske utforming i kartmodellen.



Figur 4 *Antall bygninger i Lyngen kommune som vil stå i vann ved 1 meter havnivåstigning (Kilde: PhD – A.J. Almås).*

Figuren under viser bilde av Lyngseidet i dag (A i figuren), situasjonskart Lyngseidet i dag (B i figuren) og situasjonskart for Lyngseidet sentrum ved 1 meter havnivåstigning (C i figuren). Blå farge er hav, mørk farge er land. De gule punktene angir plassering av bygningene. Kun et par bygninger (1-2) blir direkte påvirket av havnivået i dag, disse bygningene kan stå tørt pga. oppløsningen i kartmodellen. Det kan også være bygninger som står på påler i vannet. Ved 1 meter havnivåstigning vil noen flere bygninger (6-7) stå i vann ved normalvannstand. Konsekvensene vil kunne være store for enkelte av bygningene. Bygningsskader, utvasking av fundamenter og omfattende kostnader for sikring kan bli konsekvensene. I følge kommunen selv, forvalter de ingen bygninger som ligger nær sjøkanten. Havnivåstigning anses derfor ikke å ha stor konsekvens for kommunale bygninger i Lyngen.

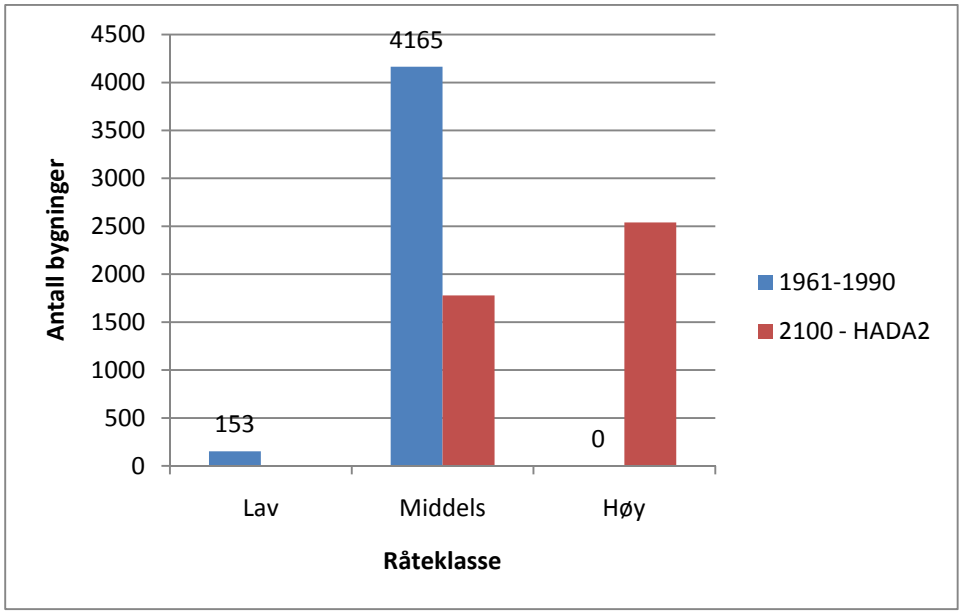


A: Lyngseidet	B: Situasjon i dag	C: 1 meter havnivåstigning

Figur 5 *A: Lyngseidet, kommunesenteret i Lyngen (Foto: Svein Samuelsen). B: Sentrum av Lyngseidet i dag: og C: ved 1 meter havnivåstigning*

<u>Råterisiko</u>

Høyere temperaturer og mer nedbør vil gi et varmere og våtere klima i Lyngen kommune, meden høyere risiko for råteskader i trebygninger. Stort sett hele bygningsmassen ligger i middels råterisikoklasse i dag (blå stolpediagram). Her er det gjort beregninger for hele bygningsmassen i kommunen. Noen få bygninger (153) som sannsynligvis ligger oppe i høyden i et noe kaldere klima, ligger i lav råterisikoklasse. I år 2100 vil omtrent 1800 av bygningene ligge i middels råterisikoklasse (avhengig av scenario), mens hele 2500 bygninger vil ligge i høy råterisikoklasse. Ingen bygninger vil ligge i lav råterisikoklasse. Råteskader kan oppstå på bygninger som ikke har hatt problemer med dette før. I tillegg vil dette kunne medføre kraftigere råteskader i bygninger som allerede er utsatt. Strengere krav til utførelse og riktig materialbruk blir viktig i fremtiden. Mer om tiltak i delrapport 4.



Figur 6 *Antall bygninger i ulike råterisikoklasser i Lyngen kommune i dag (blå) og for et HADA2 utslippsscenario for år 2100 (Kilde: PhD – A.J. Almås).*

Snølast og våt vinternedbør

Lyngen kommune vil i 2100 ligge i samme klimasone som i dag, "middels" (0-400 mm). Våt vinternedbør vil øke. Større snølast på tak, oppdemming av vann og større risiko for inntrenging av vann er sannsynlige konsekvenser. Robuste byggdetaljer og strenge krav til utførelse vil være avgjørende for kvaliteten på byggene i fremtiden. Bygningstellinger for snølast og våt vinternedbør på kommunenivå foreligger ikke, men er mulig å generere.

Ekstremnedbør og flom i vassdrag

Lyngen kommune har en rekke små og større vassdrag. Små breer og mye snø om vinteren medfører stor avsmelting og stor vannføring, spesielt om våren. Sesongnedbør i alle årstider forventes å øke. Bygninger som ligger nær inntil vassdragene vil kunne bli påvirket av oversvømmelser, oppfukting og erosjon av grunnen under fundamenter. Føringer for fremtidig bebyggelse og tiltak for å verne eksisterende bebyggelse bør iverksettes. Mer om tiltak i delrapport 4. Det er ikke gjort detaljert kartlegging av bygninger i risikosonen for flom i vassdrag i vårt arbeid. Det anbefales at kommunen gjennomfører dette.

Frostskaderisiko

De nasjonale kartene viser at Lyngen kommune er en av få kommuner i Norge som vil kunne få en økning i frostskaderisiko. Årsaken er sannsynligvis at områdene som i dag er for kalde til hyppige frysepunktpasseringer i løpet av året, vil bli noe varmere i år 2100, med hyppigere frysepunktpasseringer. Konsekvenser vil bli størst for. bygninger i tegl og betong som vil fordre strenge krav til frostbestandighet på materialene både i nybygg og for eksisterende bygg i Lyngen kommune i fremtiden. Hustellinger for frostskaderisiko på kommunenivå foreligger ikke, men er mulig å generere.

Klimahensyn i kommuneplanlegging i Lyngen i dag

Det er gjennomført intervju med Lyngen kommune for å kartlegge hvordan kommunen planlegger for å tilpasse bygningsmassen til dagens og fremtidens klima. Lyngen kommune har sammen med kommunene Kvænangen, Nordreisa, Skjervøy, Kåfjord og Storfjord utarbeidet en tematisk kommunedelplan for klima og energi. Planen er et overordnet styringsverktøy for kommunene, men den er uten fokus på klimatilpasning. Handlingsprogrammet skal sees i sammenheng med årsbudsjett og økonomiplan. Planen fokuserer på reduksjon av klimagassutslipp, som selvsagt er viktig i seg selv. Lyngen kommune har hatt flere store ras og skredulykker med tap av liv og store materielle skader, som har medført høy fokus på skredsikring i Lyngen kommune.

Kommunen forvalter omtrent 150 bygninger, av varierende tilstand. Boligbygningene og de eldre byggene fra før 1970 har dårlig tilstand og er preget av manglende vedlikehold. De nye kommunale bygningene, derimot, som helsesenter, skoler og barnehager har god tilstand. Det er et problem at midlene ikke strekker til for å gjøre nødvendig vedlikehold av bygningene. Dersom trenden fortsetter vil også de nye bygningene kunne lide samme skjebne. Helse og undervisning blir prioritert foran vedlikehold av bygningsmassen, og vedlikeholdsetterslepet er et sammensatt problem av prioritering, tilgjengelige ressurser og økonomi.

Lyngen kommune forvalter mange trebygninger. Utover vanlig vedlikehold gjøres ingen spesielle tiltak mht forventede klimaendringer i fremtiden. De største klimautfordringene i dag er skred, samt fuktighet, nedbør og råteskader hovedsakelig knyttet til trebygninger. Vestsiden av Lyngenhalvøya samt Lyngseidet på østsiden har mye nedbør, og trebygningene her er særlig utsatt. På østsiden sør for Lyngseidet er det et mye tørrere klima hvor bygningene er mer beskyttet. Lyngen er i en særstilling ifht snøskred, med flere bygninger som er særlig utsatt for snøskred. Det er gjennomført risikovurderinger og foretas varsling i perioder med høy risiko for skred. Evakueringer forekommer omtrent hvert 5. år.

Kommunen vurderer at endringer i skredmønster og et fuktigere klima vil gi størst utfordringer for fremtidens planlegging og vedlikehold av bygningsmassen ifht klimaendringer. I dag gjøres det ikke spesielle vurderinger i forhold til fremtidens klimaendringer, mye på grunn av manglende informasjon og begrensede ressurser. Likevel er det i reguleringsplanen krav relatert til klimapåkjenninger bl.a. for flom i elver vedrørende klimasoner og lokalisering. Kommunen samarbeider med Troms fylkeskommune om sikkerhet og beredskapsplaner, bl.a. knyttet til skredproblematikk. Lyngen kommune gjør også konsekvensutredninger for nye boligområder.

Kommunen har økt oppmerksomheten omkring klimaendringenes konsekvenser Utfordringer er knyttet til økonomi, prioriteringer og kapasitet for å kunne få til en god klimatilpasning i kommunen. Dersom klimatilpasningen skal lykkes, må klimatilpasningen inkluderes i kommuneplanleggingen, og det må komme mer informasjon om lokale konsekvenser av klimaendringene.

Prosjektets analyser

I det videre oppsummerer vi foreliggende kunnskap (jf delrapport 1) og resultatene fra våre egne analyser (jf delrapportene 3, 4 og 5) av klimasårbarhet, mulige klimatilpasningstiltak og mulige hindringer for klimatilpasning for hver av prosjektets fem tema. For mer inngående informasjon om dette viser vi til delrapportene 1, 3, 4 og 5.

Arealforvaltning

Klimasårbarhet jordbruksproduksjon

Norge importerer i dag mer en halvparten av maten som forbrukes, regnet på energibasis, og vi er dermed sårbare for endringer i internasjonale matvarepriser og -forsyning. Den *globale matvaresikkerheten* vil sannsynligvis svekkes i fremtiden. FAO (2009) regner med at jordens befolkning vil øke med 2,3 milliarder fram mot 2050, noe som krever at matproduksjonen må øke med 70 % i forhold til nivået i 2005-2007. I tillegg til matproduksjon må jordbruket dekke en stigende etterspørsel etter fiber[13] og bioenergi[14], og økt kjøttforbruk i store nasjoner med økonomisk vekst øker arealbehovet pr. person. Befolkningsveksten vil også innebære økt behov for arealer til bosetting og infrastruktur, rent vann og energi som vil konkurrere med behovene i jordbruket. Klimaendringer vil forsterke utfordringene for den globale matvaresikkerheten. IPCC (2007) konkluderer med at klimaendringene vil kunne få alvorlige negative konsekvenser for global matproduksjon. I tillegg vil økte kostnader og muligens usikker tilgang til energi og fosfor påvirke situasjonen. FAO regner med at energibehovet vil fordobles fram mot 2050. Det internasjonale energibyrået (IEA 2010) mener nå at vi passerte "*peak oil*" i 2006; altså at produksjonstoppen for kjente forekomster av konvensjonell olje er nådd, og at tidsepoken med billig olje er forbi. Moderne jordbruk i industriland er avhengig av olje som energitilførsel i alle ledd i matproduksjonen. Høyere oljepriser vil dessuten føre til at jordbruksareal må avsettes til produksjon av bioenergi. I løpet av dette hundreåret vil knapphet også på fosfor – "*peak phosphorus*" - kunne få stor betydning for jordbruksproduksjonen. De økonomisk drivverdige forekomstene av fosfat vil med dagens forbruk kunne være tømt i løpet av 50 til 100 år (Cordell mfl 2009). Etterspørselen etter fosfor på verdensmarkedet er forventet å øke med 50 -100 % innen 2050 i takt med økt matproduksjon, endrete dietter og produksjon av bioenergi. Det er forventet at den globale produksjonen vil nå et maksimumsnivå (peak) i 2030, men det eksakte tidspunktet for "Peak Phosphorus" er i følge Cordell m.fl.(2009) omdiskutert. En situasjon der etterspørselen i verdensmarkedet overstiger tilbudet, og noen få land kontrollerer produksjonen, forventes å føre til sterkt økende priser på fosfat.

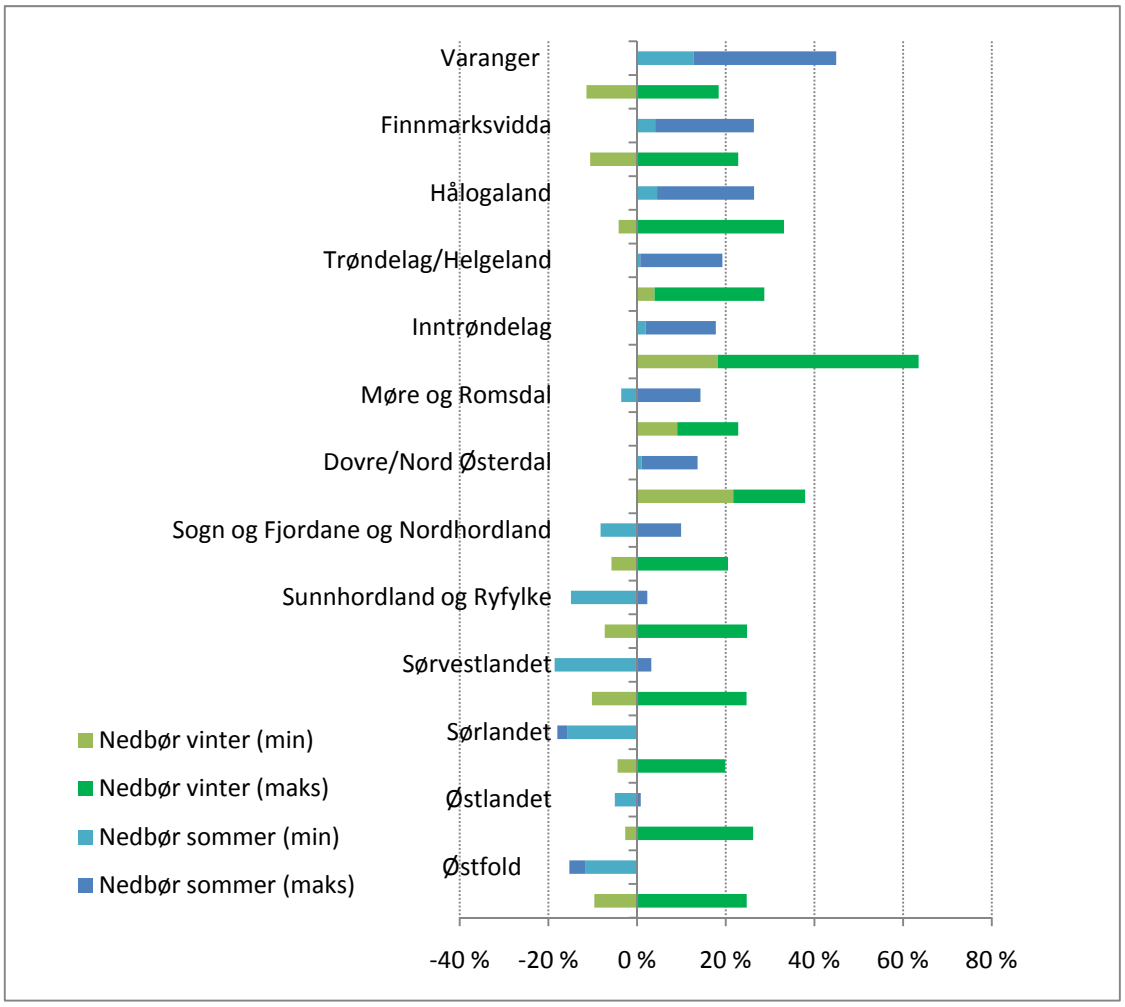
Norge kan som følge av endringer i den globale matvaresikkerheten bli mer avhengig av egen jordbruksproduksjon i framtiden. *Potensialet for framtidig jordbruksproduksjon i Norge* avhenger av tilgang på jordbruksareal og tilførsel av andre ressurser (energi, gjødsel, plantevernmiddel, maskiner osv), og vil påvirkes av klimaendringer og en rekke samfunnsøkonomiske faktorer. Flere rapporter og utredninger peker på at konsekvensene av klimaendringene trolig blir mer positive enn negative for norsk jordbruksproduksjon (Åheim mfl 2010, Landbruks- og matdepartementet 2009), og at den samfunnsøkonomiske sårbarheten innenfor norsk jordbruk er lav (Klimatilpassingsutvalget 2010). Våre undersøkelser støtter ikke disse konklusjonene. For det første tilsier våre analyser at den *naturlige sårbarheten for klimaendringer* når det gjelder jordbruksproduksjon i Norge er usikker. Generelt vil høyere temperatur, forlenget vekstsesong, mer nedbør og økt CO_2-innhold i luften vil kunne bidra til større avlinger, muligheter for å dyrke flere vekster og at større arealer kan bli egnet til nydyrking. Men det er stor usikkerhet om geografisk fordeling og nettoeffekt av forventede endringer for de ulike klimaparametrene. Det er videre store lokale variasjoner i endringer både av klimaparametre og de naturgitte forhold som kan bli påvirket av disse endringene. Effekten av økt vekstsesong kan for eksempel bli utjamnet av økt sommertørke i viktige jordbruksområder. Økte problem med skadeorganismer, økt utvasking av nitrogen og økt ekstremvær kan også begrense de positive effektene av lenger vekstsesong.

Våre klimaframskrivninger for 2050 viser noe større forventet nedgang i sommernedbør på Øst- og Sørlandet enn Klima i Norge 2100. Øst- og Sørlandet kan i verste fall forvente nedgang i sommernedbør på mellom 5-20 %. Økt fare for sommertørke på Østlandet er trukket fram i de fleste rapporter om klimasårbarhet i jordbruket, men muligheten for sommertørke på Sørvestlandet er ikke omtalt i de arbeidene vi har vist til i kunnskapsoppsummeringen.

---

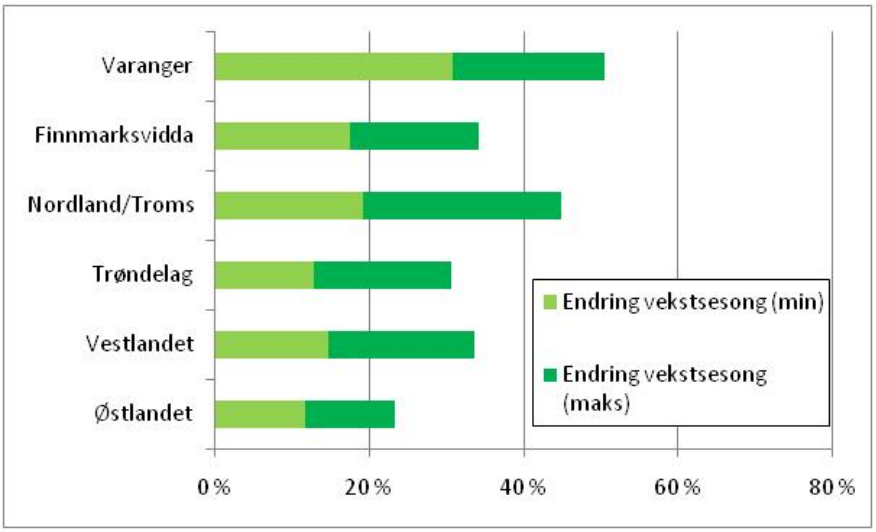
[13] De siste 10 år har forbruket av fiber til klær alene økt med 60 % (FAO 2009).

[14] I følge Der Spiegel 50/2010 ble det i Tyskland i 2010 dyrket mais til biogassproduksjon på 21 510 km2, et areal som er om lag det doble av Norges jordbruksarealer. Dette har ført til stigende priser på bygg og poteter.



Figur 7 *Forventede endringer fra 1960-90 til 2050 for nedbørsrelaterte klimaparametre som er relevante for jordbruksproduksjon*

Våre resultater (jf tabellen under) viser en 2–6 uker lengre vekstsesong[15] i 2050 sammenlignet med normalperioden 1961–90, og indikerer størst økning langs kysten og nest størst i høyereliggende områder.



Figur 8 *Forventede endringer fra 1960-90 til 2050 for temperaturrelaterte klimaparametre som er relevante for jordbruksproduksjon*

[15] Vi har definert vekstsesong som perioden der døgnmiddeltemperaturen er over 5 °C. Denne definisjonen ble også brukt i *Klima i Norge 2100*.

Våre resultater viser det samme bildet som Skaugen og Tveito (2004) når det gjelder de områdene i landet som vil få minst endringer i vekstsesong. Dette omfatter landets viktigste jordbruksområder; det sentrale Østlandsområdet og Trøndelagsregionen.

Flere studier har gjort forsøk på å kvantifisere mulige avlingsøkninger i Norge, men beregningene tar ikke hensyn til alle faktorer som kan begrense potensialet for avlingsøkning. De er baserte mye på endringer i vekstsesongens lengde ut fra enkle kriterier og akkumulerte temperatur-summer innenfor definert vekstsesong. Det er ikke nyansert for ulike veksters forskjellige krav til temperatur og daglengde når det gjelder vekststart, fenologisk utvikling og vekstavslutning. Det er også i liten grad tatt hensyn til at den sterkt avtakende lystilgangen spesielt på seinhøsten på våre breddegrader, vil begrense vekst og vekstsesong selv om temperaturen er høy nok til å oppnå netto produksjon (Eltun mfl 2010)

Våre klimafremskrivninger viser at potensialet for økte avlinger som følge av forventete klimaendringer kan begrenses av flere faktorer:

- Mulig økt sommertørke og redusert sommeravrenning i store deler av de viktigste jordbruksområdene i landet.
- Økningen i vekstsesongens lengde forventes å bli minst i to av landets viktigste jordbruksområder; Østlandet og Trøndelag.
- Økning i nedbør i vekstsesongen i distrikt som i dag har tilstrekkelig nedbør
- Øket nedbør om høsten som kan øke innhøstingsproblem og avlingsskade
- Økt jorderosjon som følge av økning i ekstremnedbør
- Økt jorderosjon som følge av redusert snødekke om vinteren og økning i andel nedbør som regn.

Vi har – i motsetning til flere andre analyser - vurdert at *den samfunnsøkonomiske og institusjonelle sårbarheten* når det gjelder jordbruksproduksjon som relativt høy i Norge. Denne skyldes at vi har vurdert samspilleffekten av flere faktorer enn det andre studier har gjort. Kombinasjonen av faktorer som lavt jordbruksareal per person, vedvarende tap av jordbruksarealer, vedvarende tap av jordbruksbedrifter, tap av tradisjonell kunnskap om bruk av utmarksressurser, og at Norge bare har knapt 50 % nasjonal selvforsyning av mat på energibasis, gjør at vi samlet sett vurderer den samfunnsøkonomiske sårbarheten som høy.

Tall fra SSB[16] viser at det registrerte jordbruksarealet i drift[17] i 2010 utgjorde 10,05 millioner dekar. Arealet av eng og beite utgjorde 65 prosent av jordbruksarealet, mens kornarealet utgjorde 30 prosent. Jordbruksarealet i Norge er på bare vel 2 dekar per person, og det fulldyrka arealet er bare ca 1,7 da per person. Dette er lave tall i internasjonal sammenheng. Jordbruksarealet i drift er redusert de senere årene. Fra 2008 til 2010 gikk det fulldyrka jordbruksarealet ned med knapt 1 prosent hvert år (SSB 2010)[18]. Noe av dette går ut av produksjon, men nedgangen skyldes for en stor del at fulldyrka mark går over i kategorien innmarksbeite. Til tross for akkumulert omdisponering av jordbruksareal har det totale jordbruksarealet i Norge holdt seg noenlunde stabilt, fordi omdisponert jordbruksareal er kompensert med nydyrking. Omdisponeringen av dyrket mark i perioden 1994–2009 var på om lag 13 400 dekar årlig (Grønningsæter 2010). En stor del av omdisponeringen foregår imidlertid i områder med svært gode vilkår for jordbruk, mens nydyrkingen skjer hovedsakelig i husdyrområder, som er langt mer marginale jordbruksområder. Tapet av dyrka mark går dermed i særlig grad ut over områder egnet for kornproduksjon

Antallet jordbruksbedrifter har avtatt siden etterkrigstiden. Siden 1959 har tre av fire norske jordbruksbedrifter forsvunnet, og i dag er det under 48 000 aktive jordbruksbedrifter igjen(Riksrevisjonen 2010b). Den omfattende nedleggingen av jordbruksbedrifter har heller ikke ført til noen stor reduksjon i jordbruksarealet i drift Dette skyldes i hovedsak at arealer på nedlagte jordbruksbedrifter har blitt leid bort som tilleggsjord til gjenværende jordbruksbedrifter. Den samfunnsmessige sårbarheten er knyttet til at leiejord ofte blir dårligere vedlikeholdt og drevet enn egen eid jord, og at bruksnedleggelsene har ført til eller i ferd med å føre til en forvitring av jordbruket som næring i mange distrikt (Riksrevisjonen 2010). Det er store regionale variasjoner i tilstand og utvikling i jordbruket. Trenden viser en økende konsentrasjon av jordbruksbedrifter på Østlandet, på Jæren og i Nord-Trøndelag og en nedbygging i Nord-Norge, Agder-fylkene og Vestlandet utenom Rogaland.

[16] http://www.ssb.no/jordbruksareal/tab-2010-11-22-01.html
[17] Tall for *jordbruksareal i drift* er areal som det er søkt om produksjonstilskudd for. Reglene for å få tildelt produksjonstilskudd tilsier at det vil være ubetydelige landbruksareal i drift som faller utenfor statistikken. Kravet til minste omsetning er for eksempel på 20 000 kr pr år. (Statens landbruksforvaltning 2010).
[18] http://www.ssb.no/emner/10/04/10/jordbruksareal/

Om lag halvparten av den jordbruksbaserte matvaremengden som forbrukes i Norge dag, blir produsert innenlands, regnet på energibasis. En del av det som produseres i norsk jordbruk, og som regnes med i selvforsyningsgraden, er imidlertid basert på importert fôr og importerte fôrstoffer, slik at selvforsyningsgraden i realiteten er noe lavere. I 2009 var den totale andelen norske råvarer i kraftfôr til husdyr 71 prosent (Riksrevisjonen 2010b).

I tillegg til de utfordringene som er nevnt over kan kapasiteten innenfor jordbruksproduksjon bli begrenset av forhold som mulige endringer i rammebetingelsene for jordbruk, redusert sysselsetting i jordbruket og knapphet på arbeidskraft, manglende rekruttering til jordbruket i visse produksjoner og distrikter, manglende rekruttering til agronomstudier, manglende rekruttering til og finansiering av relevant forskning og høy grad av spesialisering på den enkelte jordbruksbedrift.

Klimasårbarhet for lokalisering av fysisk infrastruktur

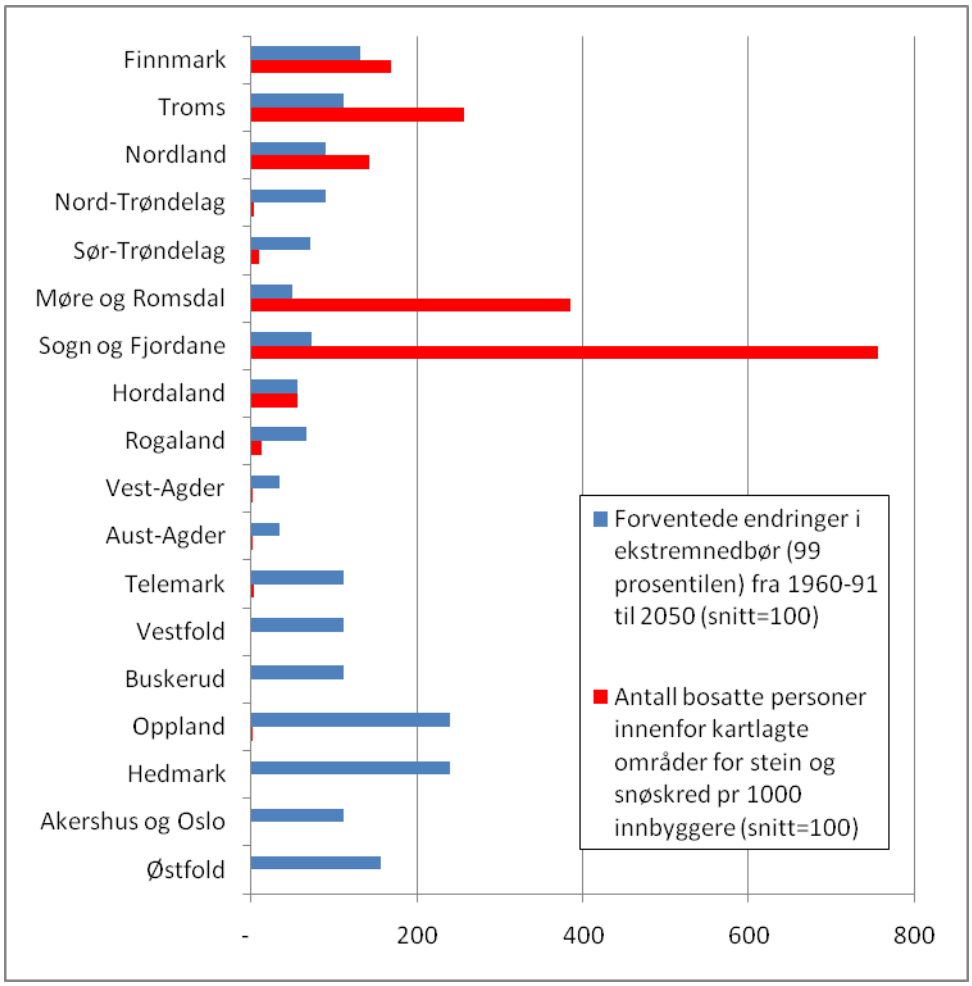
Det er store kunnskapshull når det gjelder hvordan klimaendringer kan påvirke mulig omfang av *naturskade*. Vi vil særlig peke på det forholdet at de nasjonale kartleggingene av skred og flom i dag ikke tar hensyn til klimaendringer, men bygger utelukkende på historiske data. Dette innebærer at nye typer naturulykker på nye steder som følge av klimaendringer, som flom og jordskred knyttet til små bekker og sidevassdrag ikke er kartlagt, og at dagens farevurderinger ikke har fanget opp endret risiko pga klimaendringer. De nasjonale kartleggingene dekker heller ikke alle områder i landet som gitt dagens klima antas å være utsatt for flom og kvikkleireskred.

Bygninger og infrastruktur i store deler av landet er utsatt for naturskade som følge av flom og/eller skred, storm og stormflo ved dagens klima. Et stort antall mennesker bor på steder som er eller kan være utsatt for naturskade. Det er store geografiske forskjeller når det gjelder hvilke områder som er særlig utsatt for ulike typer naturskade. Samfunnsutviklingen har i betydelig grad påvirket hvor sårbart samfunnet og infrastrukturen er for naturskade. Større avhengighet av kritisk infrastruktur og lokalisering av fysisk infrastruktur til utsatte områder, som langs flomutsatte elver, og i områder utsatt for skred og stormflo har øket sårbarheten.

Statistikken viser at det var skred mot bebyggelse som tok flest liv i hundreårsperioden fra 1900 til 2000. Det omkom 445 mennesker i skred mot bebyggelse (57 prosent), 110 personer (14 prosent) omkom gjennom friluftsaktiviteter, mens 49 personer (6 prosent) mistet livet pga. skred mot vei (NGU 2006). Til sammen ligger over 40 000 bygninger innenfor områder som er kartlagte aktsomhetsområder for steinsprang og snøskred. Tallene er generert på grunnlag av en kartserie over aktsomhetskart for snøskred- og steinsprangfare som ikke dekket hele landet, men 70 % av de arealene som er mest utsatte for steinsprang og/eller snøskred. Tallene tar ikke hensyn til at det kan være utført sikringstiltak i form skredforebygging i de kartlagte områdene. Vestlandet og Nord-Norge skiller seg ut som de regionene der det er flest bygninger og boliger innenfor kartlagte aktsomhetsområder for *skred* (steinsprang og snøskred).

Det er stor variasjon innenfor hver region, og Møre og Romsdal og Sogn og Fjordane skiller seg ut som særlig sårbare. I Sogn og Fjordane bor 18 % av innbyggerne innenfor slike aktsomhetsområder. Det er fremdeles kunnskapsmangel når det gjelder sammenhenger mellom ulike klimaparameter og ulike typer skred. Den betydelige økningen i vinternedbør som klimafremskrivningene viser vil trolig øke faren for skred og steinsprang i bratte nedbørsfelt, som vi særlig finner på Vestlandet og i Nord-Norge. Våre klimaframskrivinger viser at modellering med ulike klimamodeller viser stor variasjon med hensyn til geografisk fordeling av nedbøren. Det innebærer en mulighet for at for eksempel vinternedbøren kan avta i deler av landet, og dermed redusere skredfaren. Tining av permafrost forventes å øke skredfaren i Nord-Norge. Store fjellskred som setter opp en tsunami i trange fjorder vurderes som den største trusselen for tap av menneskeliv og verdier i én enkelt naturulykke i Norge. En økning i fryse-tineperioder antas å kunne øke faren for utgliding, men denne mulige sammenhengen er ikke fult ut godgjort vitenskapelig. Våre klimaframskrivinger viser en økning i antall fryse-tineperioder i to kjente områder med fare for store fjellskred (Åknes-området i Møre og Romsdal og Stampa-området i Sogn og Fjordane). De nasjonale kartleggingene av skredfare er for grovmaskete og enkle til at de kan brukes i arealplanlegging og tar ikke hensyn til klimaendringer. Kommunene har ansvaret for mer detaljerte kartlegginger, og dette stiller skredutsatte kommuner på Vestlandet og i Nord-Norge overfor store utfordringer.

Statistikk over skredhendelser på vei, som omfatter alle typer skred, viser at Midt-Norge er omtrent like utsatt som Vest-Norge, og mer utsatt enn Nord-Norge. På hovedvegnettet var det omkring 18 000 skredhendelser i perioden 1996 -2004, eller omkring 2 000 hendelser årlig.



Figur 9 *Antall bosatte personer innenfor kartlagte områder for stein og snøskred pr 1000 innbyggere pr fylke 2008 og verstefallsscenario for forventede endringer i ekstremnedbør (Riksrevisjonen 2010, SSB 2010, egne klimaanalyser)*

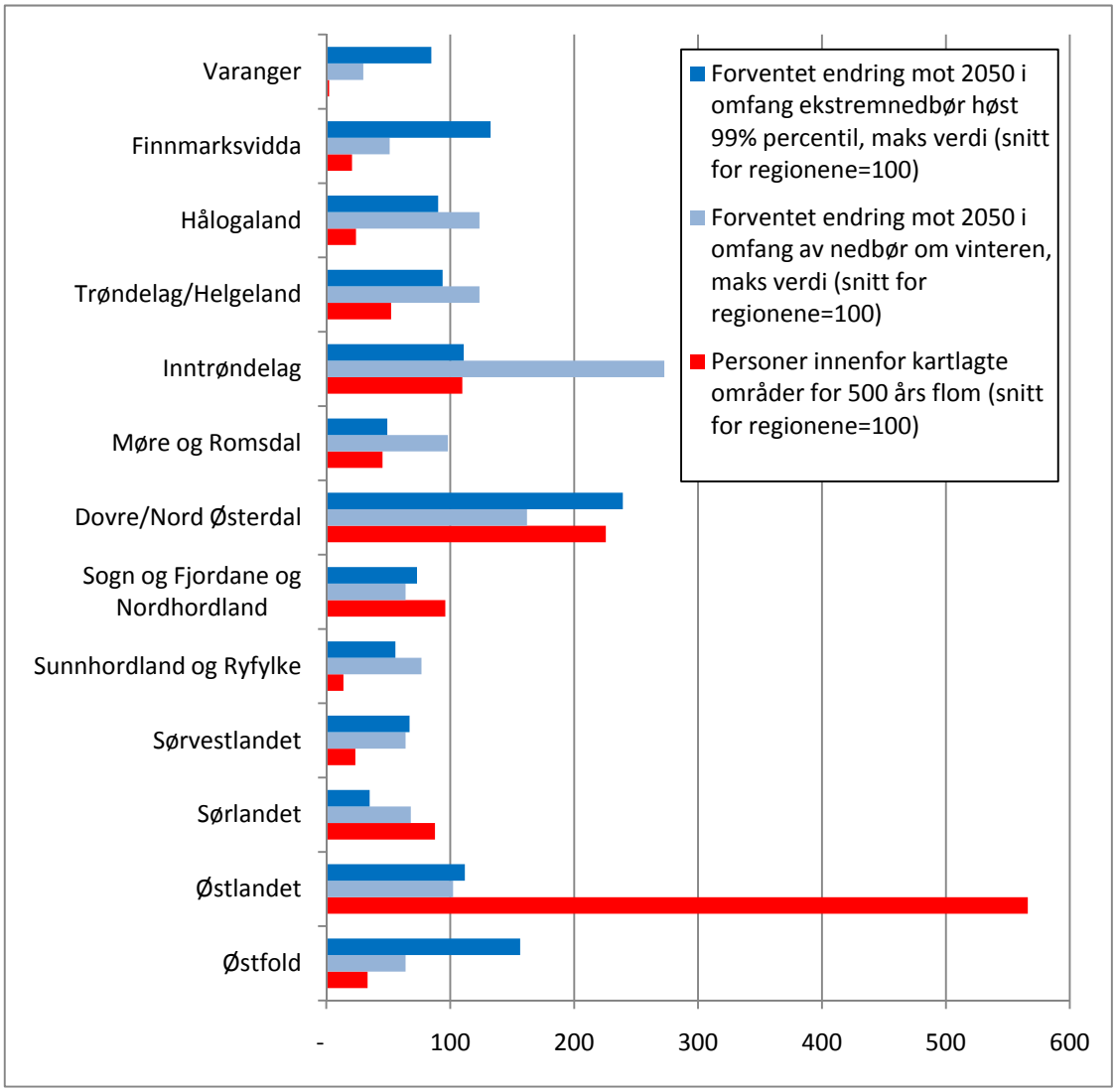
Ulike flomtyper opptrer til ulike tider av året og i ulike geografiske områder og har ulikt forløp. Østlandet er utsatt for flommer knyttet til de store vassdragene. De store vårflommene kommer ofte gradvis, dekker ofte store områder og har gjerne stort volum. De skyldes snøsmelting ofte i kombinasjon med mye regn. I ytre strøk på Vestlandet, i Trøndelag og Nordland kan kraftige regnvær gi store vinterflommer (Roald 2007).

De største *flomutfordringene* i forhold til bygninger med bosetting og tilhørende infrastruktur er i dag på Østlandet, både i forhold til 200-års flom og 500 års flom. På Østlandet er nesten 20 000 mennesker bosatt i områder utsatte for 500-års flom. Buskerud og Hedmark framstår som de fylkene på Østlandet som er mest utsatte for skader ved en 200-års flom. Skadene ved en 500 års flom vil kunne bli enda større i Akershus enn i Buskerud og Hedmark. Vestlandet er den nest mest utsatte regionen, både for 200- og 500 års flom. Det antas å være en nær sammenheng mellom antall bosatte i slike områder og antall kommunale og fylkeskommunale veier innenfor flomsonene. Det samme gjelder for infrastruktur knyttet til vann- og avløp. Sogn og Fjordane og Hedmark fylke skiller seg ut som de fylkene som har flest bosatte i flomsoner i forhold til innbyggertallet, fulgt av Buskerud og Telemark.

Flomsonekartleggingen som har vært gjennomført av NVE fra 1998 til 2008 dekker utvalgte vassdragsstrekninger med stort skadepotensial i hele landet, til sammen 120 delstrekninger. NVE sin flomsonekartlegging angir flomsoner med stor presisjon, *men det er ikke lagt inn hensyn til klimaendringer*. Flomsonekartprosjektet ble avsluttet i 2008, men kartleggingen videreføres som del av NVEs program for farekartlegging.

Fordi flom skyldes en kombinasjon av mange faktorer, og fordi klimascenarioer generelt er usikre når det gjelder den geografiske fordelingen av nedbør i Norge er det vanskelig å si noe sikkert om hvordan flombildet vil endre seg i fremtiden. Flere mildværsperioder på vinteren kan gi flere vinterflommer, men redusere vårflommer (CICERO 2007). Mer nedbør om vinteren og mindre om sommeren vil føre til en forskyvning av flomsesongene. Vårflommene vil komme tidligere, og øket nedbør om høsten kan gi flere høstflommer (Roald m.fl 2007). Økt

nedbørsintensitet og hyppigere episoder med ekstremnedbør vil gi større risiko for flommer i mindre vassdrag, i sideelver og bekker. Skadeflommer som skyldes kraftige regnskyll blir vanligere i innlandsområder med beskjeden årsnedbør og der vassdragene har dårlig kapasitet til å ta unna nedbøren. I kystområdene forventes en økning i antall regnflommer (Roald mfl 2007). I følge Hisdal m.fl (2006) kan man forvente en reduksjon i flomtoppene på Østlandet, en økning i flomtoppene på Vestlandet, mens i Midt- og Nord-Norge gir bruk av ulike klimamodeller ulike resultat.



Figur 10 *Indeksering av antall bosatte personer i områder kartlagt for 500 års flom (Riksrevisjonen 2010) og forventede endringer i vinternedbør og ekstremnedbør fram mot 2050.* *Vestfold er ikke kartlagt når det gjelder flomsoner*

Våre klimafremskrivninger tilsier at vi kan vente reduksjoner i vårflommene i de store vassdragene på Østlandet, men en økning når det gjelder vinterflommer. På vestlandet og i Nord-Norge forventes en økning i regnflommer om høsten. Resultatene indikerer en økning i skadeflom som følge av episoder med ekstremnedbør som skaper flom og flomskred i mindre bekker og sidevassdrag. I de store dalførene på Østlandet går infrastruktur som veier, tele, data og strøm på *langs* av de store dalførene, mens nye værrelaterte problemer som skred og flom fysisk sett går *på tvers* av dalen og rammer dermed infrastrukturen (Husabø, 2010). Denne typen flomfare er ikke fanget opp av NVE sin flomsonekartlegging. Våre resultater tilsier at de regionene som i perioden 1961 -1990 hadde mest ekstremnedbør målt i millimeter, også blir de som får mest ekstremnedbør i 2050. Vestlandskysten skiller seg ut her, deretter følger kysten av Nordland. Økningen i ekstremnedbør fram mot 2050 ser ut til å bli størst i østre deler av Sør-Trøndelag og nordlige deler av Hedmark, i Nord-Hordaland og områdene sør for Sognefjorden og i Nordland og deler av Finnmarkskysten. Dette tilsier at en del områder med store utfordringer i forhold til flom i dag, slik som Sogn og Fjordane og Hedmark får økte problem. Det er imidlertid knyttet stor usikkerhet til

klimascenarioer for ekstremnedbør, og ikke minst til den geografiske fordelingen av nedbøren. Økning i skadeflommer som følge av ekstremnedbør må påregnes å øke i hele landet.

Klimatilpasning jordbruksproduksjon

Det å opprettholde potensialet for innenlandsk jordbruksproduksjon i fremtiden er et viktig tilpassingstiltak ut fra det at Norge har begrensete arealer med dyrka og dyrkbar mark, og selvforsyningsgraden av jordbruksprodukter i dag er på under 50 % regnet på energibasis. Dette vil ikke bare kreve at de samlete arealene som er velegnet for jordbruksproduksjon opprettholdes og økes i takt med befolkningsøkningen, men også at produksjonsevnen på dagens dyrkete arealer opprettholdes eller økes. Klimaendringer gjør at dette vil kreve omfattende agronomiske tilpassingstiltak, som vi ikke går inn på her.

For å opprettholde jordbruksarealet per innbygger på dagens nivå må arealet økes med 3,5 mill dekar innen 2050[19]. Hvis vi forutsetter at regjeringens mål om en halvering av årlig omdisponert areal til andre formål enn landbruk oppnås, og dessuten halverer omdisponeringen til landbruksformål, kan omdisponeringen av dyrka mark settes til 6700 dekar per år[20]. Legger vi til dette arealet for omdisponering til grunn øker behovet for nydyrking hvert år fram til 2050 til omkring 95 000 dekar per år, noe som tilsier at det må dyrkes mer enn 6 ganger så store areal hvert år som det ble dyrket opp i 2009, samtidig som det praktiseres et strengere jordvern enn i dag.

De dyrkbare arealene i Norge er begrenset. Skog og Landskap har vurdert potensialet per 2008 til omkring 8 millioner dekar hvis vi ser bort fra myr[21]. En nydyrking av 95 000 dekar pr år i 40 år vil bruke opp vel 48,5 % av potensialet, når vi også regner med at omkring 6 000 dekar dyrkbar mark som blir omdisponert per år må erstattes[22]. Klimaendringene kan gjøre at større areal kan klassifiseres som dyrebare i fremtiden. Det er ikke gjennomført beregninger av hvor stort dette potensialet kan være[23]. Generelt befinner både dagens og mulige fremtidige dyrkingsressurser seg i hovedsak i relativt marginale områder og i klimasoner som bare egner seg for gressproduksjon. Under er vist en fylkesvis framstilling av potensialet for dyrkbar mark, men der vi har tatt ut potensialet for nydyrking av myr. Tallene er hentet fra Skog og Landskap (Strand og Bekkhus, 2008). I tillegg har vi indeksert framskriving av økning i vekstsesongen fram mot 2050. Denne indeksen er gitt for landsdeler; derfor lik verdi for flere fylker. Figuren antyder at de fylkene der vi kan forvente størst positiv utslag av klimaendringer på vilkår for jordbruksproduksjon er der størrelsen på potensialet for nydyrking og kvaliteten på de samme arealene er minst.

Å erstatte gammel kulturjord i de beste klimasonene i landet med nydyrking vil innebære en vesentlig kvalitetsforringelse av det samlede jordbruksarealet. Nydyrket skogsjord har lite organisk materiale, lavt næringsinnhold og mangler fosfor- og i mange tilfeller kaliumreserver i forhold til gammel kulturjord. Det vil ta lang tid og kreve store ressurser å opparbeide slik jord. Bare en liten del av dyrkingsreservene ligger i klimastrøk som egner seg for korndyrking. Klimaendringene kan på den andre siden gi en del muligheter til å dyrke matkorn og mer krevende vekster på areal som i dag bare egner seg for grasproduksjon.

Årsaksorientert tiltak som streng praktisering av jordvern, for å bevare de mest verdifulle jordressursene, bør prioriteres foran effektorienterte tiltak som nydyrking. Et strengere jordvernregime bør også omfatte dyrkbar mark. I St.meld. nr. 39 (2008-2009) signaliserer regjeringen at den vil legge opp til en mer restriktiv jordvernpolitikk. Blant tiltakene som foreslås er økt innsats for regionale planavklaringer gjennom regionale planstrategier og planbestemmelser, langsiktige utbyggingsstrategier der det trekkes klare grenser mot landbruksarealer og kulturlandskap som ikke skal utbygges, og avgrensing av kjerneområder for landbruk med streng praktisering av jordvern på de beste jordbruksarealene. Utarbeiding av strategier for arealøkonomiske utbyggingsløsninger mener vi også er et viktig tiltak. Selv med en langt strengere praktisering av jordvern enn i dag kommer vi trolig ikke utenom en omfattende nydyrking om selvforsyningsgraden skal opprettholdes i takt med befolkningsveksten.

---

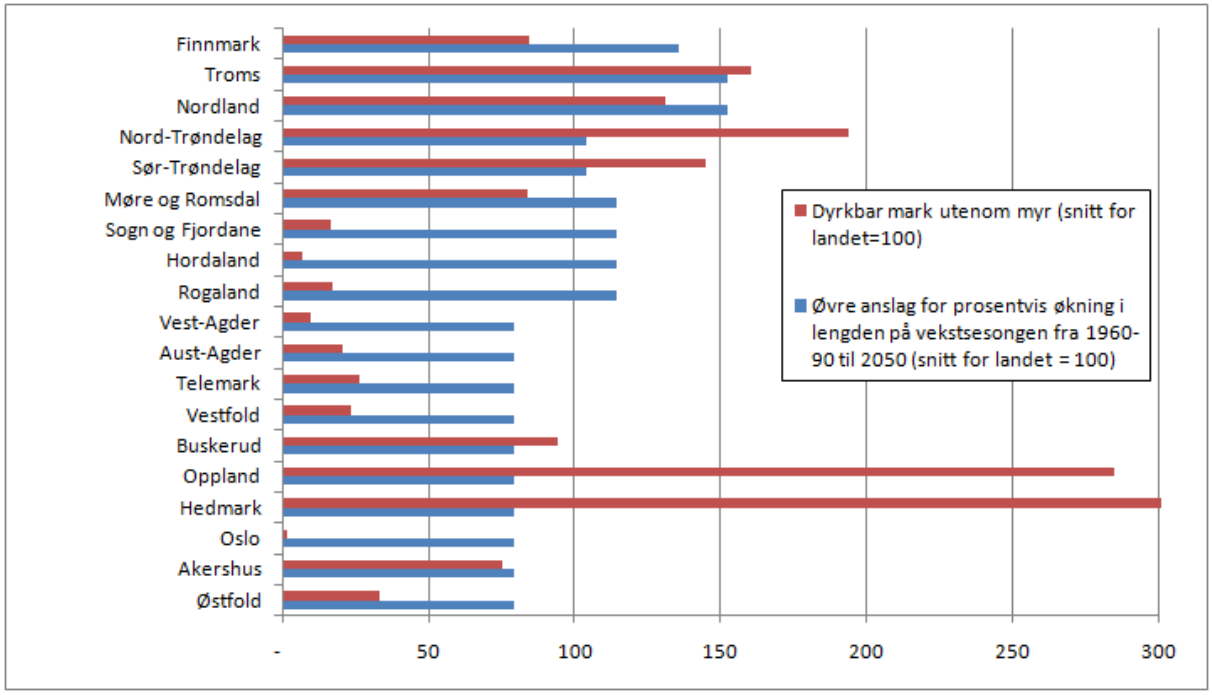
[19] Med utgangspunkt i SSB`s midlere alternativ for fremskriving av folketallet http://www.ssb.no/folkfram/

[20] Omdisponeringen av dyrket mark i perioden 1994–2003 var på 13 400 dekar årlig. Dette tallet blir benyttet som målestokk når man skal halvere omdisponeringen innen 2010 (Riksrevisjonen 2007). Når en trekker fra arealene som ikke inngår i regjeringens mål, dvs. areal til skogplanting som blir omdisponert etter jordlova og areal som blir regulert til landbruk etter plan- og bygningslova, blir tallet 11 440 dekar i snitt per år. Vi har i vår beregning her5halvert all omdisponering.

[21] I samsvar med forslaget om å forby oppdyrking av myr, se eget avsnitt

[22] De siste 5 årene er det omdisponert i gjennomsnitt 6 000 dekar dyrkbar mark pr år.

[23] I følge Strand ved Norsk Institutt for skog og landskap



Figur 11 *Regional variasjon i dagens potensial for nydyrking og forventet økning i vekstsesongen fram mot 2050*

Klimatilpasning for lokalisering av fysisk infrastruktur

Vi avgrenser omtalen her til det vi mener er særlig viktige tilpassingstiltak.

Styrking av kapasitet og kompetanse

Tilstrekkelig kompetanse og kapasitet innenfor arealplanlegging og andre særlig relevante fagområder er en forutsetning for å redusere klimasårbarhet i kommunene. Arealplanlegging er ofte fremhevet som det viktigste verktøyet kommunene har i arbeidet med klimatilpassing, men klimaendringene vil påvirke de fleste sektor- og tjenesteområdene som kommunene har ansvar for. I dag er det store forskjeller mellom kommunene med hensyn til hvilken kompetanse og kapasitet de har i egen organisasjon, og en stor del av norske kommuner mangler nødvendig kompetanse på ett eller flere relevante fagområder. I følge Harvold mfl.(2010) har også fylkeskommunene store utfordringer når det gjeld kapasitet innenfor planlegging. I kommuner som ikke har tilstrekkelig kompetanse og kapasitet innenfor arealplanlegging vil styrking av kompetansen trolig være det viktigste tiltaket kommunene kan gjøre i forhold til klimatilpassing. Klimatilpasningsutvalget har tilrådd at det blir tilført kommunene øremerkede midler for å styrke plankapasiteten og –kompetansen. Styrking av kapasitet og kompetanse er også viktig innenfor andre relevante fagområder som geodata, natur/miljøforvaltning, landbruk og kommunal infrastruktur. I samtlige kommuner vil det være behov for etterutdanning og kurs for å øke kunnskapen om effekten av klimaendringer og muligheter for tilpassing innenfor ulike etater og fagområder.

Vurdering av sårbarhet og planlegging og gjennomføring av sikrings- og tilpassingstiltak vil i en del tilfeller kreve spesialkompetanse som kommuner ikke kan forventes å ha i egen organisasjon for eksempel geologer som har kompetanse til å gjennomføre detaljerte skredfarevurderinger. I kommuner som er utsatte for skred og andre naturhendelser bør det settes av ressurser til å kjøpe tjenester av spesialister. Her kan det være aktuelt å tilsette slik kompetanse i *fylkeskommunene*, jf ordninger som tidligere har vært i bl.a. Sogn og Fjordane.

Klimatilpasningsutvalget har pekt på flere tiltak som kan bidra til å styrke *den politiske kompetansen* i kommunene, bl.a. innarbeide klimatilpasning som tema i folkevalgtopplæringen og utvikle et målrettet tilbud om skolering av ansatte og folkevalgte innen klimatilpasning.

Unngå å lokalisere infrastruktur til områder der det er risiko for naturskade etter dagens klima

Kommunene er gitt et klart ansvar gjennom plan- og bygningsloven for å sikre at bebyggelse foregår på steder som ikke er utsatt for kjent risiko, og kommunene har dermed en plikt til å forebygge naturskader og sette i verk nødvendige sikringstiltak etter plan- og bygningsloven og naturskadeloven. Kommuner som tillater utbygging i områder som med en kjent fare for flom eller skred kan bli økonomisk ansvarlige om det skjer en ulykke, eller kan bli pålagt å gjennomføre sikringstiltak. Å unngå å lokalisere bygninger og infrastruktur til områder der det er risiko

for naturskade etter dagens klima framstår som den typen av tiltak som bør ha høyest prioritet i dag. Slike årsaksorienterte tiltak innebærer ikke store økonomiske kostnader i dag, men kan gi store innsparinger på lang sikt. Kunnskapsgrunnlaget når det gjelder faresoner for skred og flom er stort sett avgrenset til fare og risiko ved dagens klima.

Usikkerheten i forhold til hvordan klimaendringene vil påvirke ekstrem vind gjør at kommunene ikke kan gjøre annet enn å ta utgangspunkt i dagens vindutsatte områder, og være forberedt på at allerede vindutsatte områder kan bli ytterligere vindutsatte. Usikkerheten er en rasjonell begrunnelse for å "vente å se" i forhold til effektorienterte tiltak, men i mindre grad en begrunnelse for å unnlate å forebygge skade med å være restriktiv til utbygginger med sterkt vindutsatt lokalisering.

Styrke overvåking og beredskap i forhold til store fjellskred

I følge NGU et al (2006) utgjør fjellskred som setter opp en tsunami i trange fjorder den klart største trusselen for tap av menneskeliv og verdier i én enkelt naturulykke i Norge. Normalt vil overvåking og beredskap være det viktigste sikringstiltaket i forhold til store fjellskred. Arealplanlegging har begrensinger som virkemiddel fordi tilgjengelige deler av strandsonen allerede er helt eller delvis utbygget. Sprenging av ustabile fjellmasser vil av samme grunn i mange tilfeller ikke være mulig (NGU et al. 2006). Overvåking av store fjellskred krever ressurser og spesialisert kompetanse og bør derfor langt på vei være en nasjonal oppgave, men kommuner og fylkeskommuner kan medvirke i overvåking og beredskap, blant annet ved å utarbeide evakueringsplaner.

Unngå å lokalisere infrastruktur til areal som kan bli utsatt for havnivåstigning og stormflo

Når det gjelder havnivåstigning bør forebygging av fremtidig skade ved å unngå å lokalisere bygninger og infrastruktur til areal som vil kunne bli utsatt for havnivåstigning og stormflo i løpet av bygningens eller infrastrukturen bør ha første prioritet. Kostnadene ved å heve byggegrunnen eller avstå fra å bygge vil som regel være begrenset i forhold til reparasjoner og sikringstiltak i ettertid. Flere kommuner har innført krav til hevet byggegrense i nye utbygginger for å ta høyde for havnivåstigning og stormflo. Fredrikstad har for eksempel innført et forbud mot bygging på areal som er lavere over havet enn 2,5 m. Betingelsen for å tillate utbygging i områder som ligger lavere er at nødvendig sikring er en del av prosjektet, og at kostnaden dekkes av utbygger. Det foreligger nasjonale analyser av hvordan havnivået kan stige i ulike kystavsnitt i Norge og prognoser for stormflo (jf også vedlegg til delrapport 2)Effektorienterte tiltak for å sikre infrastruktur og bygninger som er utsatt for havnivåstigning i dag bør i størst mulig grad tilpasses forventet havnivåstigning i løpet av objektets levetid. For øvrig vil en "vente og se" strategi i forhold til havnivåstigning kunne forsvares. Klimatilpassingsutvalget etterlyser en avklaring av statlig ansvar når det gjelder å gi råd om havnivåstigning.

Supplere eksisterende flom- og skredvurderinger med vurderinger ut fra forventede klimaendringer

De nasjonale kartleggingene av områder utsatt for skred- og flomfare dekker ikke kommunens behov for sårbarhetsvurderinger i arealplanleggingen. Det er utarbeidet aktsomhetskart for snøskred og steinsprang som dekker hele landet, men kartleggingen er grovmasket og skjematisk, og det er ikke tatt hensyn til lokale forhold som sikringstiltak, skog eller værforhold. Det er ikke utarbeidet aktsomhetskart over flomskred og jordskred. Fareområder for kvikkleireskred og flomsonekartleggingene dekker ikke hele landet. I tillegg er det bare store områder for kvikkleireskred og de nedre delene av vassdrag i de mest flomutsatte vassdragene som er kartlagt med hensyn til flom. Ingen av de nasjonale kartseriene har lagt inn endringer av klima som faktor.

I forhold til kvikkleire og flom kan det være aktuelt å vurdere å supplere de nasjonale kartleggingene, evt med tilskudd fra NVE. Når det gjelder snøskred og steinsprang er det bare aktuelt å kartlegge aktsomhetsområdene i større detalj. I slike detaljerte kartlegginger av skredfare bør mulig økt skredfare som følge av klimaendringer gjøres til en del av vurderingen og "worst case" scenarioer for klimaendringer legges til grunn ved vurdering skredfare.

Den grunnleggende usikkerheten som ligger i mangelfull kunnskap om sammenhengene mellom ulike klimaparametre og skred er et argument for en " vente å se" strategi i kommunene i forhold til å gjennomføre brede og detaljerte kartlegginger av klimarelatert skredfare i eksisterende bebyggelse og infrastruktur. Avgrensete kartlegginger i områder som kan identifiseres som særlig utsatte bør vurderes. Kartleggingene kan gi grunnlag for å avsette hensynssoner i arealplaner, for å unngå utbyggingspress i områder som kan bli utsatt for naturskade i fremtiden. Klimaframskrivingene er generelt usikre når det gjelder utvikling av ekstrem vind. Dette er argument for en "vente å se" strategi når det gjelder regionale og lokale analyser av utviklingen av ekstrem vind.

Innarbeide hensyn til klimatilpasning i eksisterende planlegging

Innarbeiding av klimahensyn i kommuneplanens arealdel er langt på vei en lovpålagt oppgave i dag. Klimatilpassingsutvalget har foreslått å styrke lovens viktighet i klimatilpasningssammenheng gjennom en egen

forskrift som pålegger kommunene å ta hensyn til klimatilpasning i all planlegging etter plan- og bygningsloven. Vi tror dette er viktig for å sikre at hensyn til klimatilpassing blir vurdert i overordnet samfunnsplanlegging. I tillegg er det behov for å utarbeide strategier for klimatilpassing i områder som ikke omfattes av arealplanlegging, slik som områder med eksisterende bebyggelse og infrastruktur, og natur- og landbruksområder. Det er også relevant å vurdere hensyn til klimaendringer og klimatilpassing i en rekke ulike sektorplaner. For eksempel bør tiltak for å redusere klimagassutslipp i klima- og energiplaner sees i sammenheng med klimatilpassing for å unngå at det iverksettes tiltak for å redusere klimagassutslipp som fører til øket sårbarhet for klimaendringer. Et aktuelt *tiltak* kan dessuten være å gjennomgå rutiner og prosedyrer for å sikre at klimasårbarhet og klimatilpassing blir vurdert i relevante saker og planer. *Fylkeskommuner* har i mindre grad enn kommunene lovpålagte planleggingsoppgaver knyttet til klimatilpassing, men regionale strategier for klimatilpassing kan innarbeides i fylkesplanens samfunnsdel; og/eller energi og klimaplaner i tillegg til relevante sektorplaner. Det er lite oppmerksomhet omkring hvordan store, strukturelle samfunnsendringer påvirker klimasårbarheten, for eksempel tiltak som øker transportbehovene og dermed sårbarheten for stenging av veier, som sentralisering av sykehus- og skolestruktur, større valgfrihet i videregående opplæring osv.

Det kan også være aktuelt å vurdere behov for utarbeiding av juridisk bindende fylkesdelplaner for å fremme klimatilpassing.

Unngå fragmentering av og inngrep i viktige biotoper og økosystem

Naturmiljøet er særlig utsatt for klimaendringer, samtidig som det er begrenset hva som kan gjøres i form av aktive tilpassingstiltak for å opprettholde biologisk mangfold og økosystemtjenester. Strategien som anbefales av klimatilpassingsutvalget (2010) er å unngå fragmentering av og inngrep i viktige biotoper og økosystem. Dette vil bidra til at mer robuste økosystem, som dermed vil kunne være bedre rustet til å takle og tilpasse seg til klimaendringer.

Utarbeide helhetlige klimatilpasningsplaner

Kommunene er pålagt å gjennomføre ROS-analyser som en del av arealplanleggingen for å sikre at nye tiltak ikke utsettes for naturskade og annen risiko for skade. Vi anbefaler at kommuner gjennomfører helhetlige sårbarhetsanalyser som også omfatter eksisterende bebyggelse og infrastruktur. Slike helhetlige sårbarhetsanalyser vil fungere som grunnlag for å velge ut sårbare sektorer og områder for eventuelle nye analyser, men også som forberedelse til konkrete tilpassingstiltak og som en forutsetning for å kunne prioritere mellom ulike tiltak og områder. Analysen bør ha et langsiktig perspektiv (50 – 100 år) for å få med utslagene av klimaendringer som kan være sannsynlige innenfor levetid av bygninger og installasjoner, og for å få med effekten av mer gradvise endringer som heving av havnivå og endringer av naturtyper. I tillegg til nedskalerte klimaframskrivinger er scenarioer for framtidig samfunnsutvikling et viktig og relevant input til sårbarhetsanalyser (Sælensminde og Aall, 2010). Erfaringene viser også at en bred medvirkning fra ulike etater i kommunen er viktig både for kvaliteten på analysen, men også fordi det bidrar til en bevisstgjøring omkring klimasårbarhet i alle etater og sektorer (Op. Cit). Planlegging av klimatilpassingstiltak i samspill mellom ulike aktører og på tvers av sektorer og forvaltningsnivå er nødvendig for å sikre at de viktigste tiltakene prioriteres, at flere ulike relevante tilnærminger og løsninger blir vurdert, og at konsekvenser av tiltak når det gjelder klimagassutslipp og andre miljøeffekter blir vurdert. Spørsmål om hvor grundig en første versjon av en kommunal eller fylkeskommunal sårbarhetsanalyse må eller bør være, og i hvilken grad kommunen skal trekke inn ekstern ekspertise i arbeidet eller involvere andre aktører i kommunen, som næringslivet vil avhenge av formålet med analysen.

Forlenge tidsperspektivet i den ordinære kommuneplanleggingen

Selv om kommunene ofte lager mer langsiktige analyser og strategier er tidsperspektivet i kommuneplaner ikke lenger enn 10 – 12 år. Investeringer i bygninger og fysisk infrastruktur er derimot langsiktige, og vanligvis nærmere 100 år enn 10 år. Klimatilpassingsutvalget (2010) foreslår å legge et lenger tidsperspektiv til grunn ved regulering av nye utbyggingsområder og etablering av ny infrastruktur i områder som kan bli påvirket av klimaendringer. Tiltakene bør vurderes ut fra om de må bygges for å tåle klimaendringene som er forventet i løpet av levetiden, eller om de skal bygges for dagens klima, men klargjorte for forsterkninger eller endringer.

Hindringer i arealforvaltning

Under har vi slått sammen drøftingen av hindringer som gjelder både jordbruksproduksjon og lokalisering av fysisk infrastruktur. Under drøfter vi foreslåtte tiltak for klimatilpasning for begge disse områdene opp mot våre fire hovedkategorier av hindringer: Usikkerhet, organisering, virkemidler og mål.

Hindringer knyttet til usikkerhet

Usikkerhet både knyttet til klimaframskrivinger og framtidig samfunnsutvikling kan være en hindring hvis det brukes som argument mot forsøk på å analysere lokal klimasårbarhet, eller for å utsette det i påvente av bedre/sikrere/mer nøyaktige data. Motargumentet er at håndtering av usikkerhet i analyse- og beslutningsprosesser ikke er noe "nytt" verken for kommuner eller fylkeskommuner, og at utsetting av tiltaket ikke vil eliminere usikkerheten. Usikkerhet kan sette grenser for kvaliteten på analysen, og avgrense hvordan den kan brukes.

Usikkerheten i forhold til hvordan klimaendringene vil påvirke *ekstrem vind* er en hindring og en rasjonell begrunnelse for å "vente å se" i forhold til effektorienterte tiltak. De lokale framskrivingene av klimaendringer viser stor variasjon mellom ulike modeller for klimaparameteren *nedbørsendringer.* Dette innebærer at i alle sårbarhetsvurderinger der lokal og regional fordelinger av nedbør er viktig, så vil beslutningstakere oppleve en særlig stor usikkerhet som det kan være krevende å forholde seg til. Vi har anbefalt å velge en verstefallstilnærming, men når variasjonen mellom i prinsippet like sannsynlige beste- og verstefallsscenario er i størrelsesorden 20 til 30 prosentpoeng, kan det være vanskelig å få oppslutning om en slik tilnærming.

Hindringer knyttet til organisering

Det å ha en *tilstrekkelig institusjonell kapasitet* blir av oss vurdert å være en nødvendig forutsetning for klimatilpassing. Manglende *politisk kompetanse* ser ikke ut til å være en hindring for *om* det gjennomføres klimatilpassingstiltak, men har trolig betydning for *hvordan* det blir arbeidet med klimatilpassing. Klimatilpassing har til nå ofte skjedd som en reaksjon på naturhendelser som skred, flom og storm, og er i liten grad blitt vurdert i sammenheng med andre innsatsområder. Alternative tilnærmingsmåter og strategier til tradisjonell sikring mot naturskade er sjelden vurdert. Manglende politisk kompetanse når det gjelder det *å ta i bruk ny kunnskap* er dermed trolig en hindring for en helhetlig tilnærming til klimatilpassing, og til håndtering av dilemmaer knyttet til målkonflikter mellom begrensninger i arealbruk til utbygging og hensynet til klimasårbarhet, jordvern og naturmiljø.

Klimaskepsisen blant velgerne er mer utbredt enn hos politiske ledere som ordførere og fylkesordførere. Det er imidlertid rimelig å anta at klimaskepsis vil påvirke holdninger til hvilke type tilpassingstiltak som bør prioriteres, og om det for eksempel er relevant å ta hensyn til om klimatilpassingstiltak øker utslippene av klimagasser. Det har trolig liten betydning i forhold til effektorienterte tiltak som sikring mot flom og skred.

Manglende administrativ kompetanse er en viktig hindring for arbeidet med klimatilpassing i kommunene, ikke minst fordi mange kommuner mangler kompetanse innenfor viktige områder som arealplanlegging og miljøforvaltning. Mangel på kompetanse innenfor areal- og samfunnsplanlegging framstår i mindre grad som en hindring for klimatilpassing i fylkeskommunene. Mangel på administrativ kompetanse er en viktig hindring særlig når det gjelder kvaliteten på tiltak.

Kompetanseutvikling innenfor klimatilpassing bør omfatte alle relevante sektorer i kommuner og fylkeskommuner, men en forutsetning for å utvikle kompetanse er at det finnes en faglig grunnkompetanse som kan videreutvikles. Alle kommuner kan ikke selv ha kompetanse på alle fagområder som er relevante for klimatilpassing, og spesialkompetanse innenfor ulike sårbarhetstema (som geologisk kompetanse for kartlegging av skredfare) kan små og mellomstore kommuner kjøpe som konsulenttjenester. I mange skredutsatte kommuner er *tilgang til geologikompetanse* som kan rykke ut på kort varsel en hindring. I enkelte fylker har denne hindringen vært imøtegått gjennom tilsetting av en fylkesgeolog. Visse kompetanseområder bør kommunene likevel ha i egen organisasjon. Arealplanlegging er en slik nøkkelkompetanse når det gjelder klimatilpassing, kompetanse innenfor naturforvaltning (økologi, biologi) er en annen. En hindring i forhold til styrking av den administrative kompetansen er at kommune-Norge kan møte store utfordringer med å rekruttere tilstrekkelig kompetanse i fremtiden. En annen hindring for kompetanseutvikling er mangel på *administrativ kapasitet*. Mangel på administrativ kapasitet, særlig innenfor arealplanlegging, miljøvern og landbruk går igjen som en *hindring* i forhold til nesten alle tilpassingstiltak vi har analysert. Mangel på administrativ kapasitet er en viktig hindring både i forhold til om det iverksettes tiltak, og i forhold til omfang og kvalitet på tiltakene som iverksettes. Mangel på kapasitet – i enkelte tilfeller også kompetanse - har i mange tilfeller begrenset kommunenes evne til å utarbeide arealplaner i samsvar med kravene i plan- og bygningsloven, og det er all grunn til å anta at det vil begrense mange kommuners evne til å oppfylle lovpålagte krav om å utarbeide klima-ROS og innarbeide klimahensyn i kommuneplanens arealdel. De samme hindringene kan i enda større grad begrense kommunenes evne til å innarbeide klimahensyn i relevante planerprosesser som ikke er lovpålagte og gjøre det vanskelig å mobilisere ressurser for å vurdere klimatilpassing i et helhetlig perspektiv, gjøre klimatilpassing til gjenstand for tverrfaglige vurderinger, der alternative løsninger og nytte/skade for andre samfunnsinteresser vurderes. Kapasitetsmangelen i fylkeskommunene vil kunne gå ut over

kvaliteten på saksbehandling av og oppfølging av/veiledning i kommunal planlegging, i tillegg til fylkeskommunens egne planprosesser, som utarbeiding av regionale sårbarhetsvurderinger og strategier for klimatilpassing.

Manglende koordinering på tvers av sektorer og forvaltningsnivå er trolig en svært viktig hindring. De senere år har det foregått en styrking av sektorisering og svekking av sektorovergripende koordinering i både kommunesektoren og annen offentlig forvaltning som har forsterket denne typen hindringer. Styrken på hindringen vil også variere mellom ulike fagmiljø, for eksempel har de delene av administrasjonen som arbeider med samfunnsplanlegging mer erfaring i å handle på tvers av fag og sektoren enn en del av sektorene. Hindringen kan være av mindre betydning i små kommuner enn i store kommuner, fordi små faggrupper i mindre kommuner har erfaring med å arbeide med et større spekter av ulike oppgaver, og å samarbeide med de andre fagmiljøene

Hindringer knyttet til virkemiddelbruk

Usikkerhet knyttet til virkemiddelbruk gjelder i de tilfeller der man i prinsippet er enig om mål, men ikke enig om virkemiddelbruken eller har tilgang til relevante virkemidler. Få fylkeskommuner har startet arbeid med klimatilpassing, og ingen har så langt sett på sammenhengene mellom reduksjon av klimagassutslipp og klimatilpassing. Dette kan igjen ha mange bakenforliggende årsaker. Det kan være at temaet ikke er prioritert; at man nok prioriterer klimatilpasning men ikke ønsker å gjøre det gjennom å utarbeide en egen plan; at man ikke har kapasitet eller kompetanse i organisasjonen eller at man ikke har kjennskap til det man oppfatter er de nødvendige metodene for å gjøre en slik planlegging; at man har avventet klimatilpassingsutvalgets tilrådinger.

Det er behov for *kartlegging av områder i kommunene som er eller kan bli utsatt for naturskade* ut over plan og bygningslovens krav, som er begrenset til planlagt bebyggelse og infrastruktur, og ut over foreliggende og planlagte nasjonale kartlegginger. De nasjonale kartleggingene dekker ikke alle typer naturskade, har ikke med klimaendringer som en faktor, og dekker ikke alle områder som er utsatt for naturskade i dag. Detaljert kartlegging av alle områder med mulig skredutsatt infrastruktur og bebyggelse – og da særlig det å også innarbeide hensyn til mulige klimaendringer - er av *økonomiske* grunner utenfor rekkevidde for kommuner i de mest skredutsatte områdene i landet. *Usikkerheten* som ligger i mangelfull kunnskap om sammenhengene mellom ulike klimaparametre og skred er dessuten et argument for en ” vente å se” strategi i kommunene i påvente av mer kunnskap. Den viktigste hindringen for å gjennomføre denne typen lokale analyser er mangel på statlige ressurser for å gjøre slike analyser; enten i form av at statlige organer (for eksempel NVE) gjennomfører slike analyser, eller at det blir gitt større statlige tilskudd til slike analyser. Kunnskapsmangel og mangel på lokale klimaframskrivinger som viser spredningen mellom ulike klimamodeller vil også i mange tilfeller være en hindring her.

På tilsvarende måte som vi over har beskrevet når det gjelder mangel på kartlegging av skred- og flomfare, mener vi det er mangel på lokale virkemidler – i betydning mangel på statlige tilskudd – som er den viktigste hindringen når det gjelder å *gjennomføre skred- og flomsikringstiltak*. Tiltakene vi har forslått når det gjelder skredsikring (å gjennomføre sikringstiltak mot skred og steinsprang, medvirke i beredskap for store fjellskred og sikre omkjøringsmuligheter for rasutsatte veier) er kostnadskrevende, og *mangel på økonomiske ressurser* vil være en begrensning. Flom- og skredsikring foregår i stor grad med økonomisk tilskudd fra NVE, normalt med et bidrag fra distriktet på 20 % av totalkostnadene. Det er store regionale ulikheter med hensyn til hvor utsatte de enkelte fylker og kommuner er for skade på infrastruktur og boliger som følge av snøskred og steinsprang. Mange distriktskommuner med relativt dårlig kommuneøkonomi er blant de mest sårbare.

Hindringer knyttet til målkonflikter

Konflikter mellom klimahensyn og andre mål er i utgangspunktet de mest alvorlige formene for hindringer; ikke fordi de nødvendigvis er det økonomisk sett mest krevende hindringene – men fordi de (kan) være de politisk sett mest krevende hindringene å omgås.

De viktigste hindringene for en strengere praktisering av jordvern er knyttet til *målkonflikter*. I byer og tettsteder vil jordvern i mange tilfeller kunne være et hinder for byutvikling, men vi ser også målkonflikter i distriktskommuner, som oppmuntrer til spredt utbygging for å opprettholde bosettingen i de ulike bygdelagene.

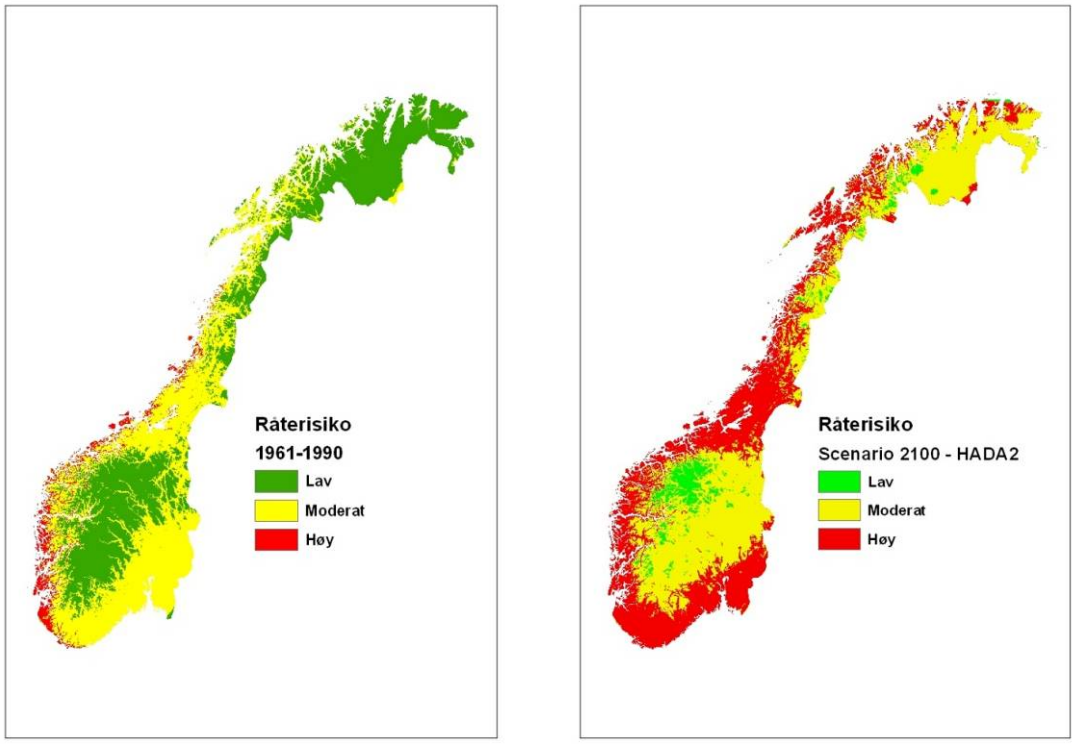
Det å unngå at ny bebyggelse og infrastruktur blir lokalisert i områder med kjent fare for naturskade er lovpålagt i Plan- og bygningsloven, og kommunene er gitt et klart ansvar etter naturskadeloven for å forebygge naturskade. *Målkonflikter* knyttet til press på arealer kan likevel gjøre seg gjeldende, men vil i sterkere grad gjelde årsaksorienterte tiltak for å unngå utbygging i områder som på sikt *kan* bli mer sårbare for flom og skred som følge av klimaendringer.

Offentlige bygg

Klimasårbarhet

Naturlige sårbarhet i kommunal bygningsmasse anses å være middels. Det er stort potensial for materiell skade, og store regionale variasjoner i klimapåkjenninger og utfall av klimaendringer. Skadepotensialet er knyttet spesielt til råteskaderisiko for både eksisterende og ny bygningsmasse, og til havnivåstigning og nedbørs-/ekstremnedbørsrelaterte problemstillinger primært ifht eksisterende bygningsmasse. Det er tidvis eksempler på at særlig ekstremværhendelser som ekstremnedbør og påfølgende jordras, snøras og flom fører til bygningsrelaterte ulykker som forårsaker tap av menneskeliv. Alle klimaparametrene vurdert i denne rapporten, vil i fremtiden påvirke sårbarheten i det eksisterende bygde miljø. Innenfor enkelte av parametrene ser vi en synkende grad av sårbarhet, dette gjelder f.eks. økende temperaturer og mulig synkende risiko for kondensering på flater i ytterveggkonstruksjonen. Vi har her trukket frem enkelte av de viktigste konklusjonene for utvikling av naturlig sårbarhet i forhold til kommunal og fylkeskommunal bygningsmasse.

Råteskaderisiko vil øke over hele landet, men med uttalte regionale variasjoner. Dette vil generelt øke sette store krav til drift og vedlikehold av eksisterende bygningsmasse. Sårbarheten for råteskader for eksisterende bygningsmasse er tett knyttet til vedlikeholdskvalitet og robusthet i bygningenes klimaskall. Uten å sette inn tiltak som øker robustheten i bygningsmassen, vil økende råteskaderisiko øke sårbarheten i bygningsmassen markant i fremtiden.



***Figur 12** Råteindeks for Norge (Øyen, Almås, Hygen & Sartori 2010)*

Havnivåstigning vil i mange kommuner ikke nødvendigvis være et stort problem i nær fremtid, men problemene vil sannsynligvis øke utover i århundret. Stormflo er derimot allerede et stort problem mange steder, og vil som havnivåstigning ha effekter som kan føre til mange fukt- og korrosjonsrelaterte skader. Stormflo betyr store påkjenninger på bygninger nær havoverflaten. Med havnivåstigning og stormflo øker sårbarheten for inntrengning av vann i kjellere og vannpåkjenning/vanntrykk på konstruksjoner som tidligere ikke har vært utsatt for slike påkjenninger eller er konstruert for det. Havnivåstigning og stormflo kan gi stor grad av følgeskader. Nedbør og ekstremnedbør kan gi både store direkte og indirekte skader i bygningsmassen. Våt nedbør i store mengder setter store krav til takutforming, nedløp og -kapasitet, avrenning på grunnen, vanntrykket mot grunnmuren øker osv. Store nedbørsmengder over tid, og kraftige forekomster av ekstremnedbør kan føre til flom og vaske vekk grunnen under fundamenter. Bygninger i nærheten av både små og store vassdrag vil være i faresonen ved slike klimahendelser. Dårlig kapasitet i overvannsnettet gir ofte store indirekte fuktproblemer, med overvann som

flommer inn i kjellere og underetasjer. Vi ser her at risiko for skade på bygninger som følge av direkte klimapåkjenninger er stor.

Den *samfunnsøkonomiske* sårbarheten anses for å være moderat men økende. Mye av kunnskapen vi har om klimasårbarhet i bygningssektoren under norske forhold er generert under forskningsprogrammet "Klima 2000" i regi av SINTEF Byggforsk. Her blir det dokumentert at sårbarhet for dagens klima gir seg uttrykk i et stort byggskadeomfang, der ulike former for fuktskader utgjør den viktigste skadetypen. Klimavariasjonene mellom ulike deler av landet er nedfelt i dimensjonerende laster gitt i NS 3491 for snø- og vindlast og for temperaturendringer, men det eksisterer ikke noen tilsvarende lastinndeling eller prosjekteringsmetodikk når det gjelder dimensjonering mot fuktproblemer. Flere studier under Klima 2000 har tatt utgangspunkt i denne mangelen, bl.a. ved å dele inn landet i ulike soner basert på slagregnmengde, råtefare i utvendige trekonstruksjoner og fare for frostnedbryting av teglmurverk. En kartlegging av den bygningstekniske situasjonen i kommunal sektor utført for KS FoU (Multiconsult 2008), viser at bygningsmassen kan deles i tre like store kategorier for god/tilfredsstillende tilstand, delvis utilfredsstillende og utilfredsstillende/dårlig med store tekniske behov. Kostnadene ved å rette på manglene er estimert til 94 og 142 milliarder kr for henholdsvis akseptabelt og fullgodt nivå.

Det er en tendens til at det blir bygget på stadig mer klimautsatte steder. Større likhet i bygningsutformingen, og at flere løsninger ikke passer ifht de lokale klimautfordringene kan gi økte skadetall. Annen forskning har avdekket et stort vedlikeholdsetterslep i den kommunale bygningsmassen, noe som kan føre til at klimapåkjenninger i enda større grad bryter ned og påfører bygningene skader. Økende robusthet i bygningsutformingen vil derfor kunne minske den samfunnsøkonomiske sårbarheten, eller i hvert fall stanse økningen i samfunnsøkonomisk sårbarhet (få byggskader, gode løsninger/byggeprosess i nybygg og godt vedlikehold av eksisterende bygningsmasse). Tilsvarende vil mange byggskader og dårlige løsninger/byggeprosess i nybygg og dårligere vedlikehold i eksisterende bygningsmasse øke sårbarheten for klimarelaterte påkjenninger. Vedlikeholdsetterslepet i kommunal bygningsmasse er stor, og bidrar til høy sårbarhet overfor råteskader også i dag.

Den *institusjonelle* sårbarheten ifht klimaendringer på byggsiden anses for å være stor og økende. Eksisterende kunnskap om klimaendringer og kravsetting til klimatilpasning er i svært liten grad implementert i kommunale planer, virkemidler og prosesser. Manglende fokus og offentlige krav kan føre til et at nødvendig fokus i hele byggeprosessen blir svekket. Riktig lokalisering av bygninger er av stor viktighet for å unngå klimapåkjenninger som flom og havnivåstigning i fremtiden. Annen forskning har også vist at bevissthet om klimatilpasning tidlig i byggeprosessen fører til økt ivaretakelse gjennom hele prosessen, og bedre bygningsmasse. Utvikling av ROS-analyser er nå kommet som et krav i den nye plan- og bygningsloven. Dessverre er det fortsatt mange kommuner som ikke er i gang med utvikling av slike analyser. Bl.a. viser caseundersøkelsen i dette prosjektet at fokus på klimatilpasning mangler tiltross for utvikling av klimaplaner,. Mange kommuner lider under en gradvis forvitring av kompetanse om klimatilpasning og lokal byggeskikk. Samtidig er mye uformell kompetanse om lokale klimaforhold og mulige løsninger, i liten grad formalisert eller dokumentert. Annen forskning viser at lokale klimavariasjoner og tilpasning til endringer i liten grad er ivaretatt gjennom fokusering på klimapåkjenninger f.eks. i kommunale reguleringskrav, forhåndskonferanser og andre kommunale prosesser og/eller virkemidler.

Klimatilpasning

Et stort årlig byggskadeomfang viser at den eksisterende bygningsmassen ikke er godt nok tilpasset dagens klima. Dette gjelder også bygg i kommunalt og fylkeskommunalt eie. Det betyr at en bedre tilpasning til nåværende klima, vil være et viktig første skritt for å gjøre offentlige bedre rustet til å stå imot fremtidens klimautfordringer. Vedlikeholdsetterslepet i den norske kommunale bygningsmassen er stort, og det er av avgjørende betydning for å minske sårbarheten for klimaendringer at dette etterslepet hentes inn og overkommes.

Bygningsmassen er utsatt for klimapåvirkning i hele sin levetid. For kommunene vil aktuelle tilpasningstiltak rette seg mot flere forskjellige nivåer av administrasjonen. For tilpasning av den kommunale bygningsmassen vil tiltak være rettet mot bestillere av nye bygninger og mot forvaltning, drift og vedlikehold av kommunalt eide bygninger og generelt ifht forvaltningen av kommunalt eide bygninger.

Flere strategiske tiltak vil kunne styrke ivaretakelsen av klimatilpasning i planlegging og bestilling av nye bygninger, samt skape et grunnlag for bedre forvaltning av den eksisterende bygningsmassen. Innledende kartlegging av klimautfordringene i kommunen, vil kunne gi svært verdifull informasjon både om tilpasning av den eksisterende bygningsmassen og om hvilke parametre man bør ta hensyn til ved nybygging. Slik kartlegging vil også være av stor betydning i kommunal planlegging. Det anbefales derfor at alle kommuner lager en tilsvarende analyse som vist i dette prosjektet. Det dokumenterte vedlikeholdsetterslepet i norske kommuner er stort. Det er

hevet over tvil at mange kommuner sliter med ressurstilgang for å gjennomføre nødvendig løpende vedlikehold, og at innhenting av vedlikeholdsetterslepet vil være vanskelig å gjennomføre innenfor rammene av den ordinære kommuneøkonomien. For å forenkle planlegging og gjennomføring av drift og vedlikehold av bygningsmassen, og fungere som beslutningsstøtte, vil god innsikt i bygningsmassens tilstand være viktig.

En rekke tiltak kan gjennomføres for å styrke kommunenes og fylkeskommunenes institusjonelle kapasitet med tanke på klimatilpasning av egen bygningsmasse. Forslag til tiltak tar utgangspunkt i drøftingen av den institusjonelle sårbarheten i sårbarhetsanalysen (delrapport 3). Forslagene til tiltak for å styrke institusjonell kapasitet dreier seg i hovedsak om å øke fokus på klimatilpasning og å styrke/innarbeide klimatilpasning som tema i kommunale virkemidler og prosesser, utnytte "taus", udokumentert kunnskap om lokale klimaforhold, styrke utvikling av klimadifferensierte løsninger og utvikle/styrke tilsyn og kontroll med fokus på klimatilpasning.

Forslag til strategiske og årsaksinnrettet tiltak er oppsummert i følgende punkter:

- Øke bygningers levetid og legge til rette for økt fokus på livsløpskostnader
- Hente inn det omfattende *vedlikeholdsetterslepet* for den offentlige bygningsmassen
- Unngå lokalisering av bygninger til områder der det er risiko for naturskade
- Styrke dokumentasjon av lokal kunnskap om byggeskikk og lokale klimaforhold
- Innarbeide klimatilpasning av bygget miljø som tema i ROS-analyser, kommuneplaner og andre virkemidler i det kommunale plan- og byggesaksarbeidet
- Stille krav til at aktørene i byggeprosessen risikovurderer prosjekter ifht lokale klimaforhold og -påkjenninger ved prosjektering for å styre inn bedre klimatilpasning av nye bygninger.

Vi har i våre forslag til tiltak vektlagt betydningen av å utvikle klimatilpasningsstrategier som tar hensyn til de store klimatiske, geografiske og samfunnsmessige variasjonene som preger Norge, enten sammenligningen skjer på kommune- eller fylkesnivå. De store geografiske og topografiske forskjellene i Norge fører til at bygninger må tåle svært forskjellige klimautfordringer og -påkjenninger. Vi har i delrapport 1 og 2 vist at klimaendringene vil opptre svært forskjellig i ulike deler av landet, og sannsynligvis vil bidra til ytterligere økning i variasjoner av klimapåkjenninger sammenlignet med det vi ser i dag. Tiltak knyttet til anvendelse av klimadifferensierte løsninger som tar hensyn til lokalt klima trolig vil bli enda viktigere enn tidligere antatt.

De store variasjonene i klimapåkjenninger og tilpasningsbehov innenfor byggsektoren stiller kommunene overfor ekstra utfordringer når de skal utforme klimatilpasningsstrategier på dette området. Det er også store oppgaver som venter rent finansielt med tanke på å ruste opp den kommunale og fylkeskommunale bygningsmassen slik at forsterket klimapåkjenning ikke skal føre til ytterligere forringelse av bygningskapitalen. Dette utløser et behov for *statlig medvirkning*, både i form av ekstraordinære midler for å hente inn vedlikeholdsetterslepet og i form av styrket forsknings- og veiledningsinnsats på området. Det er tydelig at alvorlige klimahendelser der store verdier blir berørt, og særlig der liv og helse står på spill, dramatisk øker fokuset på klimatilpasning. Det viser bl.a. caseundersøkelsen i delrapport 3 – Sårbarhetsanalyse. Det er et håp at temaet klimatilpasning og tiltak for å minske klimasårbarheten og øke robustheten i den norske bygningsmassen blir en fokusert del av offentlig forvaltning og debatten om hvordan vi på kort og lang sikt skal møte klimaendringene.

Hindringer

I gjennomgangen av hindringer innen temaet "bygg" har vi organisert stoffet slik at vi ser på hindringer for styrking av institusjonell kapasitet og hindringer for å gjennomføre strategiske og årsaksinnrettete tiltak under de hovedtemaene som ble trukket frem i tiltaksanalysen (delrapport 4).

Hindringer for å optimalisere kompetansesituasjonen dreier seg i all hovedsak om verktøy, dokumentasjon og tilrettelegging. En hindring er mangel på verktøy som hjelpemiddel til kartlegging og vurdering av klimaendringenes betydning for lokal klimasårbarhet og bygningsmasse. Dette forsterkes av manglende kjennskap til pågående forskning. Videre er manglende dokumentasjon av "taus kunnskap" eller uformell kompetanse i kommunene, manglende tilrettelegging og utnyttelse av foreliggende verktøy som er viktig i byggeprosessen og manglende tilrettelegging av formidling av forskningsresultater om klimasårbarhet og tilpasningstiltak blant de viktigste hindringene.

Nedenfor vises en kort punktvis gjennomgang av hindringer ifht å styrke kommunalt tilsyn, og problemstillinger knyttet til manglende tilsyn.

- Usikkert om uavhengig kontroll i tiltak vil løfte den generelle kvaliteten av det som bygges
- Uavhengig kontroll vil kunne bli en sovepute for styrking av det kommunale tilsynet
- Manglende tilsyn mulig hindring for økt kvalitet og tilpasning til et endret klima i det som bygges

- Manglende ressurser, kapasitet og kompetanse i kommunene hindringer for styrking av kommunalt tilsyn
- Mangel på administrativ kompetanse og rutiner for å stille krav til nødvendig fagkompetanse ved byggeprosjekter i områder der klimasårbarheten anses som spesielt høy.

GIS og GAB-relatert informasjon om eksisterende bygningsmasse (f.eks. Matrikkelen) er en viktig kilde til informasjon som kan benyttes i kartlegging av regional og lokal klimasårbarhet og påvirkning av både dagens klimapåkjenninger og klimaendringer på bygningsmassen. Viktige hindringer for å utvikle lokale sårbarhetsanalyser er primært manglende administrativ kompetanse, lite kjente metoder og forskningsresultater omkring utvikling av lokale klimasårbarhetsanalyser, mangel på tilgjengelige ressurser og kompetanse og manglende innsikt om bygningsmassens tilstand vil være en hindring for å forstå hvordan robustheten i bygningsmassen bør endres for å takle klimaendringene best mulig.

Det er flere tilnærminger til det å øke bygningenes levetid, og det er identifisert tre hovedtyper hindringer for denne typen tiltak: Manglende byggherrekompetanse, økonomiske prioriteringer og budsjettrutiner. Valg av solide løsninger vil i mange tilfeller bli mer kostbart i en investeringsfase enn om man ikke legger avgjørende vekt på at bygningen skal ha lang levetid.

Hindringer for bedre lokalisering av bygninger er nært knyttet til drøfting om arealforvaltning, som har mange tilliggende og sammenfallende problemstillinger:

- Grunnleggende hindringer for å unngå lokalisering til områder der det er fare for klimarelatert naturskade: Manglende kunnskap om den lokale klimasårbarheten, og lokale utslag av klimaendringene
- Manglende lokale krav og/eller rutiner for å undersøke sårbarheten i potensielle utbyggingsområder
- Manglende ressurser, kompetanse og/eller kapasitet i kommunens administrasjon
- Arealknapphet og utbyggingspress er et annet hinder for god lokalisering av nye bygninger.

Lokal kunnskap om byggeskikk og lokale klimaforhold er dårlig dokumentert i mange kommuner, hindringer for å styrke dokumentasjon av lokal kunnskap om byggeskikk og lokale klimaforhold er opplistet i følgende punkter:

- Manglende rutiner for erfaringsdokumentering i kommunene
- Stadig økende bruk av ensartete løsninger fører til en utvisking av lokal byggeskikk
- Kombinasjonen av udokumentert kunnskap og nedbygging av byggesaksarkiver hindringer for videreutvikling av lokal kunnskap om byggeskikk og klimaforhold
- Målkonflikter på flere områder, bl.a. i forhold til ressursbruk i norske kommuner, som på grunn av kapasitets- og ressursmangel kan måtte styre ressursene til andre områder og oppgaver.

Videreutvikling av GAB-registeret til matrikkelen ivaretar deler av den informasjonen som lå i byggesaksarkivet, og vil delvis kompensere for bortfall av de kommunale byggesaksarkivene.

Økt fokus på klimarelaterte problemstillinger i den nye plan- og bygningsloven skulle tilsi at klimatilpasning blir bedre ivaretatt i kommuneplanleggingen. Følgende hindringer står i veien for at intensjonen i lovverket blir ivaretatt:

- Manglende politisk kompetanse om lokale konsekvenser av klimaendringene og endrete behov i eiendomsforvaltning og planlegging og byggesaksbehandling
- Manglende administrativ kompetanse
- Manglende administrativ kapasitet gjennom nedbygging av fagkompetanse og kapasitet
- Kommuneplaner tematiserer i liten grad klimatilpasning, og tilsvarende for kommunedelplaner og ROS-analyser. Følgelig glipper klimatilpasning i kommunale prosesser og i prosjektering, utførelse og kontroll.

Vedlikeholdsetterslep i den kommunale og fylkeskommunale bygningsmassen har oppstått som følge av for små vedlikeholdsbudsjetter over lang tid. Hindringer for å ta igjen vedlikeholdsetterslepet er blant annet forårsaket av manglende tilgang på ressurser. Forfall som følge av manglende vedlikehold er selvforsterkende, og sammenfallende med klimaendringer forsterkes forfallet ytterligere. Utgifter til tilpasning vil øke ved å utsette vedlikehold. Manglende innsikt i, og forståelse for, problemet med mangelfullt bygningsvedlikehold er et viktig hinder for å få innhentet etterslepet.

Økt bruk av standardiserte løsninger som ikke tar nok hensyn til de store klimatiske variasjonene i Norge har vært et problem. Dette har resultert i at lokal byggeskikk, som for en stor del har vært tilpasset klimatiske forhold på stedet, har blitt mindre vektlagt. I senere år har man fått et større innslag av klimadifferensierte løsninger, bl.a. gjennom forskriftskrav for vindlast. Å legge til rette for utvikling og bruk av klimadifferensierte løsninger er viktige klimatilpasningstiltak, men det er flere hindringer knyttet til dette. Den nye plan- og bygningslovgivningen tar ikke hensyn til de store geografiske og topografiske forskjellene i landet. Verktøy for å sikre hensyn til klimadifferensiert utforming mangler, men er under utvikling. Videre er det et stort kostnadspress innenfor

byggenæringen, noe som bidrar til valg av billige løsninger som kan være dårlig tilpasset lokalklimatiske forhold. Manglende kunnskap om lokal klimasårbarhet kan også være et hinder for bruk av klimatilpassede løsninger.

Vannforsyning og avløpshåndtering

Klimasårbarhet

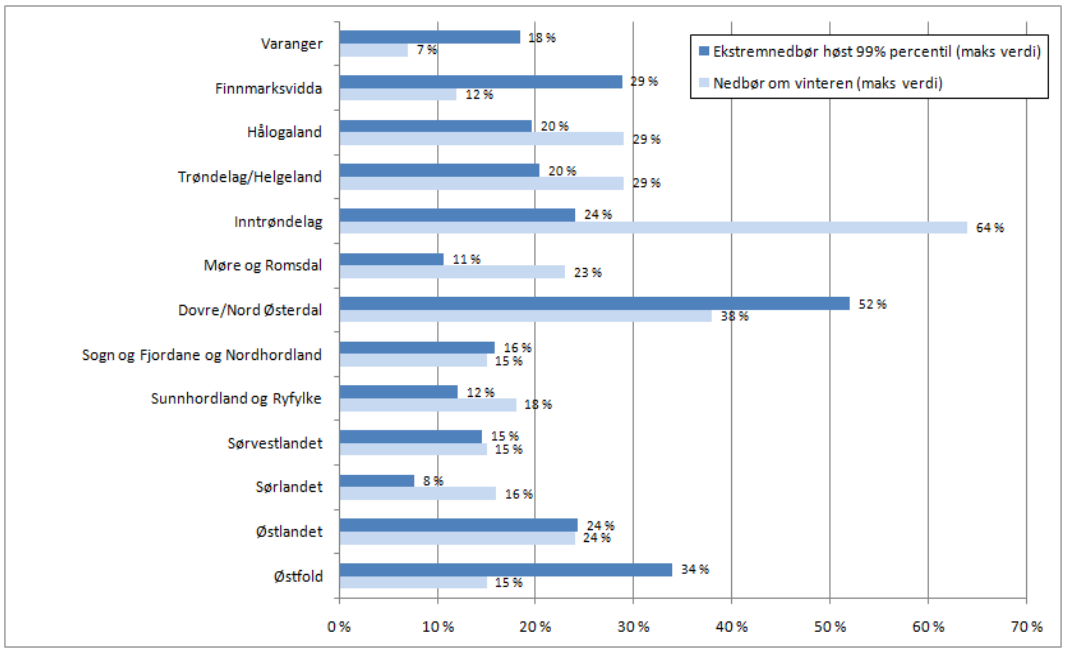
Norge vil generelt oppleve mer nedbør og større variasjon i nedbørmønstre. Dette vil resultere i perioder hvor det vil komme nedbør med høy intensitet som vil føre til flom og oversvømmelse av avløpsnettet og overvannsystemet. Kjelleroversvømmelser og flom på urbane flater vil bli mer vanlig. Variable temperaturer om vinteren vil føre til at regn faller på snø og frossen mark, som øker avrenningen og akselererer flomproblematikken om vinteren. Generell råvannskvalitet vil bli dårligere grunnet økt nedbør og avrenning og høyere vanntemperatur. Høyere avrenning fører til økte mengder av NOM (Naturlig Organisk Materiale) og mikrobiologisk aktivitet i drikkevannskildene. Renseanleggene for drikkevann vil derfor i framtida måtte håndtere et råvann med dårligere kvalitet, slik at forurensninger ikke når ledningsnettet. På grunn av et varmere klima vil nye dyrearter oppholde seg i nedbørfeltet til drikkevannskilder og øke risikoen for mikrobiologisk forurensning av drikkevannet. I delrapport 3 er de viktigste effektene av klimaendringer for hvert element av vann- og avløpssystemet diskutert i detalj.

Et varmere og våtere klima fører med seg store utfordringer for drikkevannsforsyning og avløpshåndtering. Klimaendringene vurderes å føre til strengere krav til behandling av drikkevann - fra inntak til kran – for å tilpasse sektoren til endrede klimaforhold. På avløpssiden er flere flommer med påfølgende skader og mer forurensning fra avløpsnettet trusler mot helse, miljø og økonomi.

De to viktigste kunnskapshullene når det gjelder å forstå den naturlige sårbarheten innen vann og avløp er:

- Behov for økt kunnskap om framtidig nedbør med høy oppløsning (1-2 minutters frekvens).
- Økt kunnskap om fryse-tineprosesser og effekter av dette.
  Når det gjelder behovet for økt kunnskap om nedbør bør det skilles mellom sommerregn og vinterregn for å kunne sammenligne disse situasjonene og vurdere hva som vil gi dimensjonerende avrenning. Dette er kunnskapshull som det er viktig å tette for å oppnå en god overvannshåndtering for framtidige klimasituasjoner.
  Fryse-tine prosesser påviker avløp i form av vinteravrenning, og belastning på rørsystemer, overløp, renseanlegg, med mer. Videre påvirkes drikkevann negativt gjennom dårligere råvannskvalitet pga større omrøring overflatekilder (innsjøer). Også dette er et kunnskapshull det er viktig å tette.

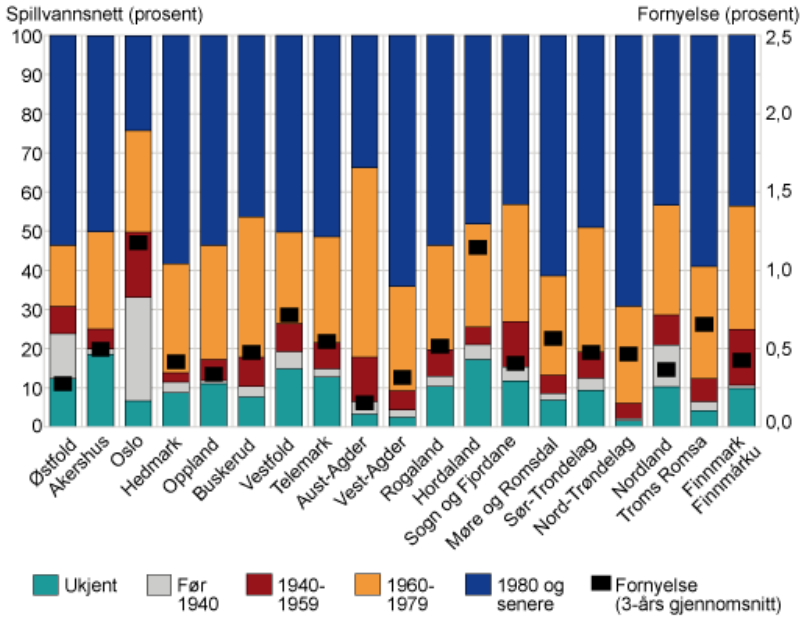
Endringer i nedbør generelt og ekstremnedbør er viktige nøkkelfaktorer i å bestemme den naturlige sårbarheten for VA-sektoren. Figuren under viser de klimamodellene som gir størst forventet økning for de valgte klimaparametrene, der vi ser at *alle* regioner kan vente seg til dels stor økning – både i vinternedbør og ekstremnedbør om høsten. Sør- og Vestlandet kan generelt forvente seg prosentvis *minst* økning.



Figur 13 *Forventede endringer i nedbør from mot 2050 ifht perioden 1960-1991 (klimamodellene som gir størst forventet økning)*

VA-systemene er i relativt dårlig forfatning og trenden for tilstandsutvikling er generelt nedadgående (State of the Nation, RIF 2010). SSB anslår at det i 2009 totalt fantes omtrent 35 200 kilometer med kommunale spillvannsledninger[24] og 19 600 kilometer med separate overvannsledninger. Dette gir til sammen 54 800 kilometer med kommunale avløpsledninger i Norge – i tillegg kommer private stikkledninger. Rapporteringen viser at omkring 4,5 % av spillvannsnettet ble lagt før 1940, mens 51 % ble lagt etter 1980. I tillegg har mye av det totale spillvannsnettet ukjent alder.

I følge SSB ble 0,47 %, eller 164 kilometer, av det totale kommunale spillvannsnettet skiftet ut i 2009. Nyleggingen utgjorde 432 kilometer, eller 1,23 %. Uten nylegging vil det ta over 200 år å fornye hele spillvannsnettet med den fornyelsestakten man har i dag[25]. Med mindre fornyelsen øker til et høyere nivå, vil raten medføre økende aldring og økt sårbarhet av spillvannsnettet i kommunene.



[24] http://www.ssb.no/var_kostra/
[25] http://www.ssb.no/var_kostra/

Figur 14 *Spillvannsnett fordelt på periode og andel fornyet spillvannsnett, gjennomsnitt for tre siste år*[26]

Klimatilpasning

VA-systemene har lang levetid og lang utskiftingstid. Rør som bygges i dag forventes å leve 100-200 år. Det at vi i dag har store problemer med systemer bygd i enkelte perioder, gjør at vi lett ser hvilken sårbarhet feil valg i fortiden har påført oss i dag. Vi må tilstrebe å unngå at valg vi gjør i dag ikke får store negative konsekvenser i framtida. Det er derfor viktig å finne riktig kvalitet og riktige løsninger på det som bygges i dag. Under er sammenfattet aktuelle tilpasningstiltak delt inn etter om de er effekt- eller årsaksinnrettet, og om de er innrettet på et teknisk eller strategisk nivå.

Tabell 10 *Eksempel på tiltak for tilpasning til klimaendringer for VA*

	Effektinnrettede tiltak	Årsaksinnrettede tiltak
Teknisk nivå	• Strupe sluk • Oppdimensjonere rør • Tilpasse trinn i vannbehandling • Fordrøynings- og inftiltrasjonsdammer	• Bygge alternative flomvannveier • On-line overvåkning av vannkvalitet
Strategisk nivå	• Overordnede planer for tiltak, for eksempel en rehabiliteringsplan eller plan for økning av transportkapasitet i avløpsnett • Kombinere arealbruk til overvannsfordrøyning og andre formål • Krav i VA-norm • Sikre vannkilden • Alternativ vannforsyning • Sikre kompetanse	• Innlemme flomplaner i kommuneplan • Avklaring av ansvarsområder • Sikre kompetanse • Krav i byggeplaner til overvann (for eksempel maksimalt tillatt vannmengde til offentlig nett)

Flere veiledere er utarbeidet med ulikt fokus innenfor vann og avløpshåndtering i framtidig klima. Disse er godt egnet for å starte arbeidet med å styrke institusjonell kapasitet. Eksempler på veiledere er:

Byggforskserien (SINTEF): 2 anvisninger med tema *Håndtering av overvann* (2010)

Norsk Vann: 3 veiledere om hhv *Overvannshåndtering* (2005), *Klimatilpasset overvannshåndtering* (2010) og *Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren* (2008)

SFT: *Tiltak i avløpsanlegg* (2007)

Basert på disse og andre kilder anbefaler vi følgende klimatilpasningstiltak:

- Kartlegg råvannskvalitet for drikkevannskilden, slik at man har et grunnlag for å følge med på utvikling. Fargetall er en viktig parameter å måle, sammen med mikroorganismer.
- Ved tiltak der man utbedrer overvanns- og avløpssystemer til problemer i dagens klima, bør man vurdere konsekvensene i et framtidig klima slik at man ikke investerer i anlegg som krever ny ombygging innen kort tid. Et eksempel kan være å legge rør med større diameter. Men viktigere er det trolig å redusere vannmengdene som renner inn i avløpssystemet ved å fordrøye og håndtere lokalt, samt å planlegge flomvannveier for de situasjonene der overvannssystemet ikke har tilstrekkelig kapasitet. Anlegg bør bygges slik at framtidig oppgradering er enkelt (for eksempel ved å plassere dem i bestemte traseer).
- Vann og avløp bør være en premissgiver i utbyggingsprosjekter. Man bør utnytte mulighetene som ligger i plansystemene enda bedre. Det er flere eksempler på kommuner (bl.a. Kristiansand) som har løftet hovedplan for avløp opp til en kommunedelplan
- Ved arealplanlegging må VA tas hensyn til i mye større grad, siden anleggene har lengst levetid av alt vi bygger og er plassert slik at de er vanskelige å nå. Bebyggelse langs kysten, og VA-systemene som skal håndtere dem, må planlegges for framtidig havnivå.
- Det er viktig å fokusere på tilpasningstiltak som kan gjennomføres sammen med aktiviteter som likevel gjennomføres. I de fleste tilfeller vil man da bidra til en bedre vann- og avløpsforsyning uansett hva framtidig klima vil være.

[26] http://www.ssb.no/var_kostra/fig-2010-06-25-01.html

- For anlegg med kort levetid kan man bruke mer "vent og se"-strategi. Dette gjelder for eksempel renseanlegg, infiltrasjonsanlegg, og lignende. Anleggene må planlegges slik at framtidig utvidelse er mulig.
- Jobb aktivt med langsiktig rekruttering, uten fagfolk er framtiden mørk.
- Flere kommuner nevner at ønsket informasjon om klimaendringer ikke er tilgjengelig. For å sikre at man får tilgang til eksisterende informasjon bør kommunene selv sette av nødvendige ressurser, for eksempel gjennom kapasitetsbygging i organisasjonen. Vi har identifisert at kommuner har etterspurt informasjon som er tilgjengelig.

Fra analysen av lokale eksempler synes det som at det er stor variasjon i grad av tilpasning til klimaendringer innen VA. Blant store kommuner (bykommuner) er det relativt stor bevissthet rundt temaet, mens i mindre kommuner (distriktskommuner) tas det i mer varierende grad hensyn til effekter av klimaendringer ved tiltak i vann og avløpssystemene.

Hindringer

I litteraturen er en rekke hindringer og barrierer for klimatilpasning av VA-systemer tatt opp. Følgende er en sammenfatning av dette:

- Usikkerhet i klimaframskrivingene: Dårlig tilgang på sikre prognoser om nedbør egnet til dimensjonering av VA-systemer.
- Manglende avklaring av ansvarsfordeling: Gjelder både mellom stat-kommune og internt i kommunene
- Manglende kompetanse hos politikere og administrasjon
- Manglende kapasitet: Det utdannes for få fagfolk med vann og avløpskompetanse, mens etterutdanningstilbudet er godt.
- Manglende bruk av alternativ kunnskap og tilnærming: VA-bransjen er en konservativ sektor og det tar lang tid for ny og alternativ kunnskap vinner innpass
- Manglende oppfølging av lovpålagte krav: Mange drikkevannssystemer tilfredsstiller ikke lovpålagte krav, og det er til dels manglende overordnet planlegging i hovedplaner, strategier og lignende.
- Manglende prioritering av tilstrekkelig høyt avgiftsnivå: Økonomiske hensyn, motstand mot et høyt gebyrnivå og manglende politisk vilje til investering i VA-systemene synes å være en stor hindring. Det er også en utfordring å prioritere tiltak innenfor tilgjengelige rammer.

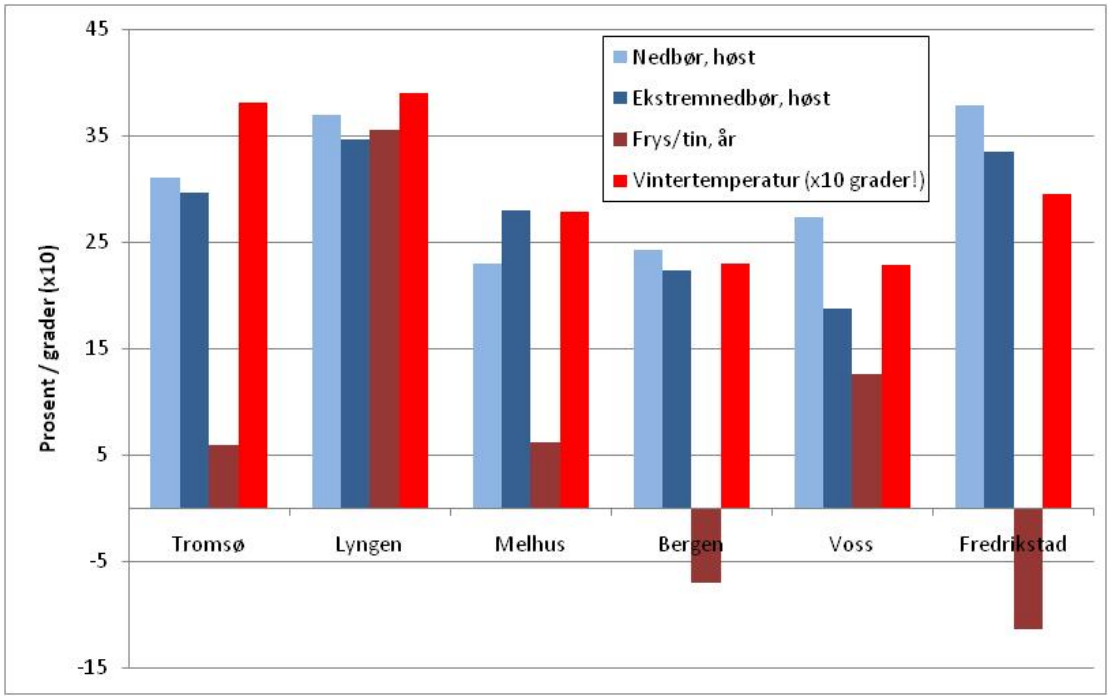
I "NOU – Tilpassing til et klima i endring" påpekes noen av de samme hindringene og barrierene som er nevnt over. I tillegg påpekes en del utfordringer i forhold til selvkost, både for å finne riktig gebyrnivå og for å definere hvilke tiltak som kan lovmessig finansieres over VA-gebyret. For eksempel er det i mange tilfeller tvil om overvannstiltak kan finansieres av VA-gebyret. Videre er et viktig poeng i NOU klimatilpasning at det bør utpekes et nasjonalt ansvar for forvaltning av overvann, som bør utarbeidet retningslinjer for dimensjonering.

Transport og transportinfrastruktur

Klimasårbarhet veg

Når det gjelder den *naturlige klimasårbarheten* for veg, så viser klimascenarioene for de klimaparametrene som er sentrale i denne sammenhengen markerte regionale forskjeller. Temperaturen er ventet å øke mest i Nord-Norge, mens for ekstremnedbør ser man en øst-vest akse i Sør-Norge, med størst prosentvis økning av ekstremnedbør på Østlandet og minst på Vestlandet. I resten av landet ventes en noenlunde lik økning i ekstremnedbør. Også i framtida er det kysten av Vestlandet og Nordland som ligger an til å få den største årsnedbøren og den kraftigste ekstremnedbøren. Det er også her nedbørøkningen vil bli størst i absolutte verdier. Når vi legger vekt på den prosentvise nedbørsendringen, er det med bakgrunn i at fare for nedbørrelatert naturskade som flom og skred er størst når den relative endringen er stor. Det henger bl.a. sammen med at det i områder som historisk har hatt lavere nedbør, er mere løsmasser som kan vaskes ut. *Østlandet* ser ut til å være den landsdelen som vil kunne få størst økning i utfordringer når det gjelder framtidig klimabelastning for vegnettet.

Under presenterer vi nedskaleringer for en rekke klimaparametre for de seks casekommunene som inngår i vår transportanalyse. Blant scenarioer fra fire ulike klimamodeller har vi her konsekvent valgt det øvre anslaget eller verstefallsscenarioet, dvs. de mest ugunstige tallene med tanke på antatt sårbarhet.



Figur 15 *Prosentvis endring for nedbør (høst), ekstremnedbør (høst), frysepunktpassasjer (år)og vinterntemperatur (vist i grader x 10) fra perioden 1961-90 til 2050. Verstefallscenario blant nedskaleringer fra fire klimamodeller.*

Figuren over viser endring av fire ulike klimaparametre. *Høstnedbøren* ventes i verste fall å bli 38 % høyere i Fredrikstad og 37 % høyere i Lyngen. Dette kan føre til økt skred- og flomaktivitet på vegnettet. *Ekstremnedbør om høsten* er en viktig årsak til skred, flom og erosjon på vegene. Slik sett er ekstremnedbøren i løpet av et døgn eller to, vel så viktig for sårbarheten som nedbørssummen over en lengre periode. Nivået for 99-prosentilnedbøren, dvs nedbørsmengdene som blir overskredet én av hundre dager, kan i verste fall øke med 30-35 % i Tromsø, Lyngen og Fredrikstad. Voss utmerker seg med lavest økning i ekstremnedbøren blant casekommunene. *Fryse-tineprosesser* (nullpassasjer) virker inn på frostsprenging, med tilhørende steinsprangfare, og nedbryting av vegdekket. Figuren viser prosentvis endring i antall nullpassasjer som kommer i tillegg til døgnvariasjonenen i temperatur. Fordi det er relativt få slike nullpassasjer, kan de prosentvise utslagene bli store, slik tilfellet er for Lyngen. I Troms er det ca 27 slike fryse-tineperioder, så en økning på ca 35 % tilsvarer ca 10 flere nullpassasjer i løpet av et år. For de andre casekommunene er tallene såpass små at vi tviler på om det vil ha noen effekt for veginfrastrukturen. *Temperaturøkningen* vil bli størst i Tromsø og Lyngen (nærmere 4 grader om vinteren), og minst i Bergen og på Voss (2,3 grader om vinteren, ca 3 grader om høsten). I Nord-Norge er det om vinteren en kan vente størst temperaturøkning, mens det i Sør-Norge er høsten som ser ut til å få den største endringen.

Vindhastighet om vinteren er først og fremst av betydning for vegtrafikken ved at sterk vind fører til snøfokk og sjørokk. Framskriving av vind er mer usikker enn for andre klimaparametre, så det er ikke grunnlag for å trekke konklusjoner ut fra dette materialet – og vi har derfor ikke tatt med vind i figuren over. De fire klimamodellene vi har brukt antyder redusert vindhastighet i fem av de seks casekommunene.

Intervjuer gjennomført i Statens vegvesens fylkesavdelinger i Troms, Hordaland og Østfold viser at det er særlig håndtering av vann som preger dagens sårbarhetsbilde, og at problemer som regel oppstår gjennom kombinasjon av klima/naturforhold og menneskeskapte forhold. I de mest ekstreme situasjonene vil nedbør og avrenning skape vansker ganske enkelt fordi det kommer for mye vann i løpet av kort tid. I svært mange tilfeller er det likevel slik at de klimatiske forholdene skaper problemer fordi infrastrukturen ikke er utformet, drevet og vedlikeholdt på en hensiktsmessig måte. Da står vi overfor en *samfunnsøkonomisk* eller *institusjonell* sårbarhet, som opptrer i samspill med den naturlige sårbarheten. To tema som framstår som særlig viktige for den samlede klimasårbarheten for veginfrastrukturen er kvaliteten på vegene i forhold til den trafikkbelastningen de utsettes for og vedlikeholdsetterslepet på vegnettet.

I 1995 skjedde det en såkalt administrativ oppgradering av deler av riks- og fylkesvegnettet i Norge. Dette innebar at 90 % av riksvegene etter endringen hadde 10 tonns aksellast og at telerestriksjonene ble opphevet. Under

teleløsninga vil trafikk med tunge kjøretøy på veger med dårlig bæreevne øke slitasjen på vegdekket og framfor alt dreneringssystemene vesentlig. Det virker forståelig at det var et politisk ønske om å oppheve de upopulære telerestriksjonene på riks- og fylkesvegnettet. Det betyr ikke at vegnettet overalt var modent for en slik reform; ikke minst mange fylkesveger som var bygd som smale grusveger like etter andre verdenskrig, og som seinere var blitt "pyntet på" med asfalt uten nødvendige utskiftinger av bærelag og stikkrenner, tok åpenbart stor skade av dette. Statistikk over dekkestandard på fylkesvegnettet i Østfold støtter denne konklusjonen.

Vedlikeholdsetterslep på infrastruktur oppstår når vedlikeholdet gjennom en årrekke er mindre enn det som skal til for å opprettholde en ønsket standard. I 2005 beregnet Statens vegvesen at det daværende fylkesvegnettet hadde et vedlikeholdsetterslep på 10,8 milliarder kroner. Selve vegen (vegkropp og dekke) sto for 73 % av dette beløpet, mens grøfter, kummer og rør sto for 9 %. I utkast til handlingsprogram for fylkesvegene i Østfold 2011-2014 er vedlikeholdsetterslepet estimert til 1 mrd. kr for det nye fylkesvegnettet. Av et samlet vedlikeholdsetterslep på fylkesvegnettet i Troms på ca 2,4 mrd. kr, er 84 % knyttet til klimarelevante vedlikeholdskategorier.

Et viktig forhold knyttet til den institusjonelle sårbarheten er styringsmodellen som er valgt for forvaltning av vegene. Riksrevisjonens undersøkelse av drift og vedlikehold av vegnettet fra 2009 tar for seg konsekvenser av konkurranseutsettingen av drifts- og vedlikeholdsoppgavene i vegsektoren. Her blir det bl.a. pekt på manglende rapporteringsrutiner, dårlig kontroll i mange kontrakter og svært lite omfang av økonomiske sanksjoner mot entreprenører som ikke utfører vedlikehold og drift i tråd med kontrakten. I vår undersøkelse har vi konsentrert oss om det innenfor dette systemet foregår god nok videreføring av lokalkunnskap om vegnettet. Vi finner at kunnskap om det lokale vegnettet blir i *liten* grad blir ivaretatt ved fornyelse av drifts- og vedlikeholdskontrakter. Kortvarige kontrakter og hyppig utskifting av mannskap knyttet til fornyelse av kontrakter bidrar til dette. I dag har man kartgrunnlag og andre verktøy som til en viss grad kompenserer for lokalkunnskapen hos de gamle vegmestrene, men dette er verktøy som deler av personellet ikke behersker eller kjenner til. Det er ikke formelle krav om kompetanse ved drift og vedlikehold, noe som er en utfordring for både vegmyndighetene og entreprenørbransjen selv.

Klimasårbarhet havner

Naturlig sårbarhet for havner varierer mellom regionene. Fylker med mange havner er ofte også de som kan forvente den største økningen i havnivå og stormflo. Scenarioene for havnivåstigning tyder imidlertid på at dette er en prosess som går så sakte at det i de fleste transporthavner (kommunale) og ferjehavner (fylkeskommunale når de er en del av fylkesvegnettet) vil være mulig å tilpasse seg denne endringen i takt med ordinær fornyelse av havneinfrastrukturen. Det er trolig ved episoder av stormflo og/eller sterk vind at klimaendringer kan by på utfordringer gjennom den kombinerte effekten av høyere havnivå, stormflo og bølger. Havneinfrastrukturen i seg selv er robust og vil bare i sjeldne tilfeller ta skade av klimapåkjenningene, men operasjonen av havnene kan komme til å bli en større utfordring.

I mange samfunnssektorer vil en moderat endring i gjennomsnittlig vindhastighet ha lite å si for sårbarhetsbildet. Det er som regel styrken og frekvensen på ekstremhendelsene som bestemmer hvor hardt samfunnet blir rammet av vind. Også for sjøfarten vil endringer i ekstremvind ha stor betydning, men det kan dessuten se ut til at Endringer i middelvind ser ut til å være viktigere for havner enn i mange andre sektorer fordi en del skipstyper ikke kan gjøre anløp ved høye vindstyrker. Dette er spesielt sårbart for tankskipsflåten, som i hovedsak trafikkerer olje- og gassterminalene. I Norge får ikke olje- og gasstankere legge til kai ved vindstyrker over 15 m/sek (stiv kuling), mens 10 m/sek er en vanlig grense i andre land. Også store bulkskip er sårbare for vind pga stort vindfang. Uavhengig av om vindstyrken kommer til å øke eller minke noen prosent i tiårene som kommer, kan den videre utviklingen av isdekket i Arktis få betydning for bølgehøydene i Nord-Norge. Dette henger sammen med at oppbygging av bølger er avhengig av strøklengden, dvs lengden på den åpne havstrekningen som vinden kan få tak uten at bølgene dempes av øyer eller isdekke. I Nord-Norge er strøklengden i utgangspunktet lang ved nordlige vindretninger, og dersom havisen får mindre utstrekning i vinterhalvåret (og forsvinner helt om sommeren) vil dette kunne gi økt belastning på moloer og dekningsverk, i tillegg til vanskeligere manøvreringsforhold.

I 2007 gjennomførte Norsk Havneforening en upublisert analyse av klimasårbarhet for norske havner med utgangspunkt i en studie fra den internasjonale havneorganisasjonen PIANC som er viktig for vurdering av den *samfunnsøkonomiske* sårbarheten. Det ble konkludert med at Norge, i tillegg til å være gunstig stilt fra naturens side (bratt topografi, lite erosjonsutsatt kyst og landheving som kompenserer for deler av havnivåstigningen), har samfunnsøkonomiske trekk som gjør havneinfrastrukturen *robust* til å møte klimaendringer. Kaier har en

økonomisk levetid på 30-50 år og må bygges om så hyppig at man regner med å kunne holde tritt med havnivåstigningen. Selv om en del bynære kaier vil kunne bli oversvømt, representerer det stigende havnivået større utfordringer for bebyggelsen og infrastrukturen *bak* disse kaiene. Vurderinger med bakgrunn i casekommunen Fredrikstad (Borg havn) tilsier at flere perioder med sterk kuling og liten storm kan føre til forsinkelser i lasting og lossing. Sett i lys av at kontainertrafikken er økende, noe som er en generell trend i sjøfarten, kan sårbarhet for vind ved havneoperasjoner bli en enda større utfordring i framtida. Vedlikeholdsetterslep på kystinfrastrukturen innebærer også en samfunnsøkonomisk sårbarhet. Det er identifisert skade i en eller annen form på 344 av de 778 moloene som Kystverket har ansvaret for. Klimaendringer kan føre til at dette forfallet øker ytterligere og at konsekvensene i form av ulykker forverres.

Det har blitt pekt på at det statlige ansvaret for havnesektoren er fragmentert og at dette bidrar til mangelfull utvikling av det økonomiske potensialet i sjøtransport av gods. Videre gjelder det som NOU Klimatilpasning har påpekt; nemlig at det statlige ansvaret for å følge opp problemer knyttet til havnivåstigning ikke er definert. Dette er forhold som er viktig for den *institusjonelle* sårbarheten for havner.

Klimasårbarhet kommunal og fylkeskommunal transport

Spørsmålet om transportberedskap og sikring av alternative transportruter i tilfelle vegstengning er viktig for sårbarheten i den offentlige transporten. Hordaland fylkeskommunes utredning av transportberedskapen i Hordaland fra 2005 (”TransportROS”), peker på at det forekommer mange vegstenginger i fylket i løpet av et år. Det skisseres et scenario som innebærer flom som følge av ekstremnedbør og snøsmelting i kombinasjon, og tilgjengelige beredskapsressurser i det aktuelle området utredes. I FylkesROS for Hordaland konkluderes det med at langvarige vegstengninger er lite sannsynlig, at slike hendelser vil gi moderate konsekvenser for liv, helse og miljø, og at de økonomiske konsekvensene kan bli store. For kommunal og fylkeskommunal vegtransport er den største utfordringen knyttet til *naturlig* sårbarhet ved lengre vegstengninger i områder uten omkjøringsalternativer, i første rekke kyst- og fjordstrøk på Vestlandet og i Nord-Norge.

Den *samfunnsøkonomiske sårbarheten* er i denne sammenhengen særlig knyttet til transportvolumet på den stengte vegstrekningen. Er det snakk om en sterkt trafikkert veg, vil kapasiteten på eventuelle omkjøringsalternativer og ferjeløsninger komme til kort. Dette vil sette de offentlige transporttilbudene på ytterligere utfordringer.

Den *institusjonelle sårbarheten* på området kunne vært redusert gjennom effektiv kartlegging av sårbare punkter på vegnettet og planlegging av kriseløsninger. SAMROS er et prosjekt for landsomfattende kartlegging av vegstrekninger som er sårbare ved stenging. Selv om prosjektet ble initiert av Samferdselsdepartementet for fem år siden, har det ennå ikke har kommet i gang rundt om i vegregionene.

Klimatilpasning

For *vegsektoren* vil følgende tilpasningstiltak være viktigst:

- Ta vare på lokal kunnskap om veinettet blant drifts- og vedlikeholdspersonell
- Vurdere å reversere den utstrakte bruken av konkurranseutsettingen av drift og vedlikehold *eller* styrke kontroll med og ta i bruk økonomiske sanksjoner mot entreprenører som ikke oppfyller kontraktkravene
- Oppdatere eksisterende rassikringsplan og innarbeide hensyn til klimaendringer
- ROS-kartlegging av vegnettet med hensyn til klima og klimaendringer i tråd med anbefalinger fra ”Klima og Transport”
- Redusere/fjerne vedlikeholdsetterslepet på vegnettet
- Bedre kapasitet på grøfter og stikkrenner
- Fornye vegkroppen på strekninger med dårlig bæreevne
- Tilstandsvurdere vegnettet i tråd med anbefalinger fra ”Klima og transport”

Videre analyse av sårbarhet vil være en første forutsetning for vellykket tilpasningsarbeid. Slik kartlegging er ikke foretatt hos de fylkesavdelingene i Statens vegvesen som vi har kontaktet. I Vegdirektoratets prosjekt ”Klima og transport” utarbeides rettledere for risiko- og sårbarhetsanalyser med hensyn til klima og klimaendringer, og en rettleder for hvordan man kan gjennomføre tilstandsvurderinger og identifisere sårbare punkter langs vegnettet. Et sentralt tilpasningstiltak i vegsektoren blir å ta i bruk disse verktøyene.

Stilt overfor alvorlig systemsvikt i det eksisterende anbudssystemet, er det naturlig å stille spørsmål om selve systemet med konkurranseutsetting av drift og vedlikehold er forenlig med kravet om en robust infrastruktur. En avvikling av dagens system vil måtte bety at oppgavene knyttet til drift og vedlikehold ble overført til et offentlig eller halvoffentlig foretak som utførte arbeidet på vegene etter noenlunde samme modell som før 2003, da

produksjonsvirksomheten i Vegvesenet fikk tildelt oppdrag fra forvaltningssiden uten konkurranse. En slik reversering ville heller ikke bety at alle utfordringer knyttet til sikring av kvalitet og kompetanse ble løst. *Heving og videreføring av kompetanse* er viktig for å styrke den institusjonelle kapasiteten i veisektoren. Det er i dag ikke formelle krav til kompetanse blant entreprenørene. I første omgang må trolig det mest påkrevde kompetanseløftet skje gjennom kortere kurs og faglig påfyll, mens man parallelt arbeidet for å få på plass utdanningstilbud i stort nok omfang. *Mer langsiktige kontrakter* vil trolig bidra til større kontinuitet og bedre erfaringsoverføring. Kontraktsperiodene for drift og vedlikehold av riks- og fylkesvegnettet er på fem år, med ett år i tillegg som opsjon. Det har blitt diskutert å lyse ut kontrakter på inntil åtte år.

***Tabell 11** Ulike tilpasningstiltak i vegsektoren*

	Effektinnrettede tiltak	Årsaksinnrettede tiltak
Teknisk nivå	Bygge rasvoller eller legge vegen i tunnel på rasutsatte strekninger Bygge elveforbygninger langs flomutsatte vegstrekninger	Redusere/fjerne vedlikeholdsetterslepet på vegnettet (eks. utbedre ødelagte dreneringssystemer) Bedre kapasitet på grøfter og stikkrenner Fornye vegkroppen på strekninger med dårlig bæreevne.
Strategisk nivå	Oppdatere eksisterende rassikringsplan og innarbeide hensyn til klimaendringer ROS-kartlegging av vegnettet med hensyn til klima og klimaendringer (jf. verktøy fra "Klima og transport") Planlegge nye veger med tanke på å unngå flom- eller skredutsatte områder.	Tilstandsvurdering av vegnettet (i tråd med anbefalinger fra "Klima og transport")

Når det gjelder klimatilpasning for *havner* bør trolig forsterking av svakt dimensjonerte rausmoloer, særlig i de nordlige fylkene, være en prioritert oppgave for å forebygge skader som følge av økte bølgehøyder. For at et slikt tilpasningstiltak skal gjennomføres på en god måte, kreves det kartlegging av sårbare moloer og dekningsverk. Mye tyder likevel på at endringene i bølgeklimaet vil skje såpass gradvis at utbedringer og forsterkinger kan skje etter hvert som behovene melder seg. Når det gjelder sterk vind som hindrer havneoperasjoner, kan en moderat økning i forsinkelser bli løst ved at man utvider lagerkapasiteten i havnene, evt også bygger ekstra liggekaier. Konklusjonen for tilpasning i havnesektoren blir at tiltak for å forebygge skade eller ulempe knyttet til klimaendringer mest sannsynlig vil kunne skje gradvis, i takt med at endringene opptrer, og at mange av tiltakene kan utføres som del av ordinær fornyelse av havneinfrastrukturen.

Alle tiltak som gjør veginfrastrukturen mindre sårbar for klimaendringer, vil rimeligvis også bidra til en mer robust transport og dermed være et klimatilpasningstiltak for *kommunal og fylkeskommunal transport*. En kartlegging av punkter på vegnettet som er særlig sårbare for vegstengninger, er sterkt ønskelig med tanke på å forebygge stopp i samfunnskritiske transporttjenester. En oppfølging av prosjektet SAMROS, vil være en måte å imøtekomme dette behovet. Planlegging av kriseruter og alternative transportløsninger ved vegstengning bør også være en selvsagt del av den kommunale beredskapsplanleggingen.

Hindringer

Vi har identifisert fem hovedhindringer når det gjelder å gjennomføre en virkningsfull tilpasning til klimaendringer innen *vegsektoren*.

Bevare og styrke kompetansen i drift og vedlikehold

Et krav om *formell kompetanse hos entreprenørene* vil, dersom det blir innført over en kort tidsperiode, føre til mangel på personell som kan innfri slike krav. Det er krevende å etablere et undervisningstilbud av god nok kvalitet og stort nok omfang til å kunne gjennomføre et slikt kompetanseløft over kort tid. Intern motstand blant ansatte i entreprenørbedriftene mot å sette seg på skolebenken kan også tenkes å hemme en slik reform. *Lengre kontraktsperioder* kan fra veimyndighetenes side oppfattes som mindre smidig og kostnadsbesparende, slik at man i mindre grad får utnyttet fordelene ved et slikt anbudssystem.

Fjerne svakheter i anbudssystemet

En *reversering av dagens anbudssystem* vil møte sterk politisk og faglig motstand basert på at konkurranse gir lavere priser, og trolig også av ideologiske årsaker. Vi har løftet fram dette for å kaste lys på svakheter i dagens anbudssystem, uten at vi mener tiltaket vil være realistisk politikk i dag.

Styrket kontroll med og bruk av sanksjoner mot entreprenører har vært holdt fram som ønskelige tiltak av Riksrevisjonen, som peker på manglende rutiner som en årsak til at dette ikke blir fulgt opp i større grad.

Analysere sårbarhet

En nasjonal *klimasårbarhetsanalyse av vegnettet* vil kunne utføres med verktøy som utvikles i etatsprosjektet "Klima og transport". En eventuell nedprioritering av temaet i Statens vegvesen vil trolig komme som følge av at tilpasning må vike for driftsoppgaver som er mer presserende på kort sikt. Usikkerhet er en annen mulig hindring; Hvis sårbarhetsanalysene oppfattes som lite pålitelige på grunn av modell- og datausikkerhet i ulike former, kan dette bli brukt som argumenter mot å gjennomføre omfattende kartlegginger på bekostning av andre tiltak der man opplever at nytten er mer umiddelbar.

Fysiske tiltak

Det å *fjerne eller redusere vedlikeholdsetterslepet på vegnettet* og å utføre *standardheving på veger med dårlig bæreevne* kan hindres av at vegbudsjettene bindes opp til nyinvesteringer, underbudsjettering av nye veger og høyere driftskostnader på nye veger enn på eksisterende. Her står vi overfor en målkonflikt mellom ønsket om moderne samferdselsløsninger og det å ivareta standarden på eldre veger.

Bruk av vegnormalene på kommune- og fylkesveger

Det er ikke krav om at statens vegnormaler skal brukes på kommune- og fylkesveger, selv om dette vil gitt mer klimarobuste veger. Det kan se ut til at mangelfull administrativ kompetanse og kapasitet er viktige hinder for innføring og etterlevelse av slike normaler.

Som for vegsektoren vil en *innhenting av vedlikeholdsetterslepet* på *kystinfrastrukturen* kreve store ressurser. I Kystverkets handlingsprogram for inneværende NTP-periode er det lagt opp til forsterking og nybygging av moloer i 11 viktige havner, i flere av tilfellene med siktemål å gjøre havnene tilgjengelige for større fiskefartøy og passasjerskip. Med tanke på det store antallet moloer med påvist skade er det, til tross for den forsterkede innsatsen på fiskerihavntiltak, likevel rimelig å anta at vedlikeholdsetterslepet vil fortsette å øke i flertallet av norske fiskerihavner. Her kan det være snakk om en målkonflikt mellom ønsket om å gjøre viktige havner mer tilgjengelige for store skip og ønsket om å stoppe forfallet i flest mulig havner. Den samme konflikten vil kunne gjøre seg gjeldende i forhold til det foreslåtte tiltaket om å gradvis forsterke kaier og moloer i takt med havnivåstigningen og forventninger om økt bølgehøyde i Nord-Norge. Vi ser ingen klare hinder for det å *øke antallet liggekaier og lagerkapasiteten i vindutsatte havner* så lenge havneeier og redere/transportører har felles interesse i tiltaket.

De to viktigste hindringene for klimatilpasning innen *kommunal og fylkeskommunal transport* gjelder det å kartlegge punkter på vegene som er sårbare for vegstengninger og det å planlegge kriseruter for tilfelle med vegstengninger. For Statens vegvesen, som forvalter fylkesvegnettet, ser hindringer mot *sårbarhetskartlegging og planlegging* først og fremst ut til å være manglende administrativ kapasitet, mens kompetanse og tilgjengelige verktøy ikke later til å være en viktig hindring. Dette kan illustreres med skjebnen til SAMROS-prosjektet. Det vises til at krav om slik kartlegging kommer på toppen av en svært krevende driftssituasjon som ikke har gitt rom for å prioritere dette tiltaket. Kommunal *planlegging av kriseruter* som kan tre i kraft i forbindelse med vegstengninger, vil kreve koordinering mellom flere instanser, en prosess som erfaringsmessig kan bli hindret av manglende avklaring av ansvarsfordeling og manglende koordinering på tvers av sektorer og/eller forvaltningsnivå.

Kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon

Klimasårbarhet

Vi kan skille mellom primær- og sekundærvirkninger av forventede klimaendringer. Primærvirkninger vil omfatte hvordan klimapåkjenninger gir effekter for kraftforsyningsnett og elektronisk kommunikasjonsnett, og vil i hovedsak være rettet mot eiere/forvaltere og de som drifter av nettene. Sekundærvirkninger av klimaendringer omfatter konsekvenser for drift av tjenester, bygninger og anlegg av strømstans. Det er den siste typen virkninger som trolig er mest omfattende for kommuner og fylkeskommuner.

De klimaparametrene som forventes å ha størst effekt for den *naturlige sårbarheten* for kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon, er temperaturendringer, endringer i antall dager med is og fryse-tineperioder, vind- og nedbørendringer. Under har vi vist de viktigste effektene av klimaendringer for kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon.

Tabell 12 *De viktigste effektene av klimaendringer for kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon*

Klimaparameter	Påkjenning	Mulig samfunnsmessig effekt
Vind	Ekstremvind	Skade på master, nett og bygninger ved direkte påkjenning eller ved trefall
	Nedslag av salt	Overslag pga. saltbelegg på isolatorer og gjennomføringer
	Havflommer (stormflo, springflo)	Utfordringer knyttet til lavtliggende kraftforsyningsanlegg
Nedbør	Flom	Utsatte kraftforsyningsanlegg kan bli satt under vann, mulige skader på fundamenter, bygninger, og nett
	Store mengder snø	Vegetasjon kan legge seg over linjenettet, mulig kortslutning med strømbrudd og andre skader på nettet. Snømengder kan vanskeliggjøre lokalisering og reparasjon
	Intens nedbør	Skred (jord- og leirskred, snøskred) kan gi skader på bygninger, fundamenter, master og nett
	Tørkeperioder	Økt skogbrannfare. Mulig skade bygninger og nett
Temperatur	Veksling mellom fryse- og tineperioder	Frostsprengning kan medføre forvitring på betong og steinkonstruksjoner. Mulig skade på bygninger, fundamenter, master og nett
	Høye sommertemperaturer	Linjesig kan medføre kontakt mellom kraftledning og vegetasjon med påfølgende jordslutning. Overbelastning av nettet pga belastning ved kjøling av bygninger og anlegg kan føre til strømbrudd
Ising	Ising og snø på linjer	Kan medføre store mekaniske påkjenninger og avbrudd i kraftledningen eller annen skade på linjen

Negative konsekvenser av klimapåvirkning ifht kraftoverføring og IT vil primært være knyttet til strømbrudd og skader på kommunalt eid og fylkeseid infrastruktur og bygninger og gjenoppretting av kommunaltekniske tjenester, og ikke minst beredskap. Tilgjengelighet til kraftnett og nett for elektronisk kommunikasjon vil være avgjørende for rask reparasjon og gjenoppretting av kraftleveransen ved strømbrudd og skader. Høyere vintertemperaturer kan gjøre at strømbrudd om vinteren blir mindre kritisk enn i dag. Skader på grunn av frostsprengning og økt forvitring på betongkonstruksjoner som fundamenter og bygninger, forsterkes av et eventuelt vedlikeholdsetterslep i kraftlinjenettet, som øker sårbarheten for klimapåkjenninger i linjenett, fundamenter, master og stolper. Gjensidig avhengighet mellom elektroniske kommunikasjonssystemer og kraftforsyning vil øke sårbarheten for strømbrudd og rask gjenoppretting av kraftforsyningen. Elektroniske styringssystemer for kraftforsyningen er derfor avhengig av velfungerende nødstrømsløsninger.
Temperaturøkninger kan medføre økte krav til skogbrannberedskap, særlig i varme perioder om sommeren. Dette er særlig aktuelt for Østlandet, Sørlandet og sørlige deler av Rogaland. Særlige temperaturøkninger på Øst-, Sør- og deler av Vestlandet i den varmeste årstiden kan også føre til økt grad av linjesig og risiko for strømbrudd, særlig i kombinasjon med økt kjølebehov. Økt skadegrad på linjenett som følge av økning i vegetasjonsvekst er en mulig konsekvens av klimaendringene, og tilvekst av vegetasjon vil kunne komme der det i dag ikke er slike problemer knyttet til linjenettet. Værfenomenet ising vil ventelig avta i kyststrøk og et stykke innover i landet. I indre og høyereliggende strøk, særlig på Finnmarksvidda, forventes det en økning i forekomst av temperatur- og fuktforhold som gir ising vinterstid. Slike forekomster av ising kan i verste fall medføre strømbrudd pga. store mekaniske belastninger på kraftoverførings- og fasttelefonlinjer, som derved kan forventes å opptre særlig i Finnmark.

Kommuner og fylkeskommuner er ikke forvaltere av eller drifter kraftnett og elektroniske kommunikasjonssystemer. Samfunnsøkonomisk og institusjonell sårbarhet for klimaendringer i kommuner og fylker vil derfor være mer relevant å betrakte enn naturlig sårbarhet for klimapåkjenninger i infrastruktur for kraftleveranse og elektronisk kommunikasjon.

Den *samfunnsøkonomiske* sårbarheten ansees å være moderat men økende. Samfunnet er i stadig økende grad IT-avhengig, både ifht bruk av IT som kommunikasjons- og lagringsmedium, men særlig til systemstyring av offentlige tjenester som offentlig energiforsyning, vannforsyning, pumpe- og renseanlegg, driftsanlegg for bl.a. varmeanlegg i bygninger, styring av alarm- og redningssentraler, elektroniske kommunikasjonssystemer for beredskap osv. Samfunnsøkonomisk sårbarhet knyttet til infrastruktur for elektronisk kommunikasjon er derfor tett bundet til energileveranser. Det forventes at etterspørselen etter elektrisitet vil øke framover (bl.a. som følge av tiltak for å redusere klimagassutslipp), til bl.a. oppvarming, drift av oljeinstallasjoner offshore og transport (for eksempel elbiler). Stor aktivitet ifht utbygging av fornybar energi, gir en potensielt økt belastning på linjenettet, som vil få økt behov for rehabilitering og dermed økt sårbarheten i energileveransen. Et potensielt

vedlikeholdsetterslep på linjenettet, forårsaket av aldring av nettet, vil kunne ramme kommuner og fylkeskommuner.

Klimatilpasning

Aktuelle tilpasningstiltak overfor klimaendringer må ses i lys av at infrastruktur for kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon ikke er eid eller drevet av kommuner eller fylkeskommuner. Infrastrukturen utgjør et svært viktig grunnlag for kommunenes og fylkeskommunenes funksjoner, ved å være leverandør til bygg og tjenesteproduksjon, i tillegg til at den er uunnværlig for sivilbefolkningen og alt normalt samfunnsliv. Samfunnet er i dag svært strømavhengig og de fleste systemer svikter ved strømbrudd.

En rekke av tiltakene på området kraftforsyning og elektronisk kommunikasjon som må til for å opprettholde en god beredskap i forhold til klimapåvirkning under dagens forhold – og tilpasning til klimaendringer i framtida – må nødvendigvis planlegges og gjennomføres av de som eier og drifter den aktuelle infrastrukturen. Kommunene og fylkeskommunene kan påvirke dette viktige arbeidet med bakgrunn i ulike roller:

- Gjennom eierskap i kraftselskaper (kommuner og fylkeskommuner)
- Gjennom ansvar for den lokale beredskapen (kommuner)
- Gjennom energi- og klimaplanlegging (kommuner og fylkeskommuner).

Kommuner og fylkeskommuner kan som viktige eiere i kraftselskaper stille krav til hvordan disse innretter seg med hensyn til beredskap og tilpasning til dagens og morgendagens klima. Forårsaket av at nettet i mange år har vært bra, har vedlikehold ligget på et relativt lavt nivå. På grunn av aldring av nettet vil vedlikeholdsbehovet i årene som kommer, øke betraktelig. Økt tilvekst av vegetasjon langs linjenettet vil medføre økt behov for skogrydding langs linjetraseene. Kommunesektoren har derfor en tosidig oppgave som eier: Å stille krav til kraftselskapenes ledelse om å sette av nok midler til vedlikehold samt det å opprettholde egen vedlikeholdsstab og reservedelslager, og å stille krav til seg selv om ikke å ta ut et så stort utbytte av selskapene at det går ut over vedlikehold og tilpasningsevne.

Videre har kommunene som ansvarlige for den *lokale beredskapen* en viktig rolle å spille ved å koordinere innsatsene til flere beredskapsaktører på lokalt nivå. For sårbarhetsområdet kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon er det således viktig at kommunen utarbeider sine beredskapsplaner i nært samarbeid med energiselskap/nettselskap og teleselskap. En av aktørene kommunene må forholde seg til i den sammenheng, er Kraftforsyningens beredskapsorganisasjon (KBO), som består av NVE og de virksomhetene som står for kraftforsyningen. En av oppgavene kommunen bør samarbeide med energiselskapene / KBO om, er å etablere en plan for prioritering av strømleveranser innenfor kommunegrensene. NVE har i sin siste strategiplan prioritert arbeidet med forskrifter til sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen sett i lys av økte utfordringer som følge av klimaendringer (NVE, 2009).

Beredskap er et viktig stikkord for kommunene knyttet til økt sårbarhet innenfor kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon som følge av klimaendringer. Dette gjelder beredskap for å sikre IT og krafttilgang til kommunale tjenester til lokalt næringsliv og kommunens innbyggere.

Langvarige strømbrudd har avdekket mangler i beredskapsplanene for bl.a. klimarelaterte hendelser. Kommunenes beredskapsplaner må avklare hva som er kommunenes ansvar, og på hvilken måte storsamfunnet skal stille opp. Kommunene har et beredskapsansvar, ansvar for koordinering og varsling, og ansvar for kommunikasjon. I delrapport 4 har vi listet opp en del tiltak som vil bidra til å styrke kommunens beredskap i tilfelle langvarig strømbrudd. Dette er tiltak som bør være på plass allerede i dagens situasjon, uavhengig av utsiktene til klimaendringer, og dreier seg i hovedsak om reserveløsninger for kommunens anlegg og funksjoner, bedre fremkommelighet til kraftlinjer og IT-anlegg, klarlegge ansvar og etablere beredskapsplaner og sikre alternative kommunikasjonskanaler.

Arealplanlegging må omfatte kartlegging områder som potensielt er spesielt utsatte som følge av klimaendringer. Dette kan eksempelvis være jord- eller snøras, oversvømmelse, vind og skogbrann.

Hindringer

Gjennomgangen under er organisert etter foreslåtte tiltak og strategier i delrapport 4. Vi har gruppert gjennomgangen under to overskrifter: Hindringer som gjelder operative tiltak (etablere reserveløsninger for strømforsyning, alternative varslingskanaler ved beredskap, generelt informasjonsbehov, manglende kunnskap om når klimahendelser vil føre til beredskapsbehov, sikre tilgjengelige veier) og hindringer som gjelder strategiske tiltak (som eier, prioritere vedlikehold, lokalisere anlegg og linjenett på steder utenom risikoområder ifht

klimapåkjenninger, videreutvikling av lokale beredskapsplaner, innarbeide klimatilpasning og klimaendringer som tema i ROS-analyser og beredskapsplaner).

Ansvarsfordelingen er innen enkelte områder tilstrekkelig avklart, dette gjelder primært skille mellom eierskap og derved forvatningsansvar ifht linjenett og den fysiske kraftleveransen, vedlikehold av linjenett og anlegg osv, og kommunal/fylkeskommunalt ansvar for planlegging av nye anlegg. Når det gjelder ansvar for tilgjenglighet til linjenett f.eks. ved strømbrudd for raskest mulig reetablering av kraftleveranser og elektronisk kommunikasjon, kan det se ut til at ansvarsforholdene er mer uklare. Her er det derfor behov for en grenseoppgang ifht ansvarsfordeling. Økt kommunikasjon og samarbeid mellom kommune/fylkeskommune og kraft- og IT-selskaper vil her bidra til å bygge ned hindringer for god klimatilpasning og beredskap for følger av klimarelaterte hendelser.

Den institusjonelle kapasiteten anses som relativt god, men det er i kommunal forvaltning for lav kompetanse om hvordan klimaendringene vil slå ut lokalt. Dette gjelder både på politisk og administrativt nivå. Et hinder ifht institusjonell kapasitet er nedbygging av realkompetanse i offentlig forvaltning, med privatisering av driftsoppgaver. Det er synliggjort at den institusjonelle sårbarheten for veier at det mangler kartlegging av sårbare punkter langs veinettet. Dette er eksempel som har stor betydning også for kraftforsyning og sikring av reetablering av forsyning ved avbrudd, og viser at det er innbyrdes sammenhenger også mellom de forskjellige fagområdene ifht hindringer for klimatilpasning. Manglende samarbeid og koordinering av både kompetanse og beredskapsutvikling er derfor et alvorlig hinder.

Det er behov for en generell kompetanseheving om klimaendringenes konsekvenser både regionalt og lokalt, for å avgjøre hvilke tilpasningstiltak er fornuftig å gjennomføre. På plansiden er det åpenbart et behov for kompetanseheving, tatt i betraktning av at klimaendringer i liten grad er innarbeidet og ivaretatt i kommunalt planarbeid og andre virkemidler. På beredskapssiden er det et godt grunnlag å bygge videre på i form av erfaringer, kunnskap og kompetanse om beredskap. Det er likevel sannsynlig at det er behov for koordinering og videreutvikling av planer og rutiner for beredskap mht lokale konsekvenser av klimaendringene og kompetanseheving ifht hvordan klimaendringene vil påvirke behovet for om omfanget av beredskap.

Konklusjoner

Klimasårbarhet

Om vi ser våre *klimasårbarhetsanalyser* under ett, og sammenligner våre tre *kategorier av sårbarhet* - naturlig, samfunnsøkonomisk og institusjonell sårbarhet – så framstår sårbarheten som noenlunde lik i den forstand at vi har vurdert disse relativt likt i vår grovmaskede skala ”stor”, ”middels” og ”liten” sårbarhet. Det er selvsagt ikke rett å sammenligne direkte rankeringer i så ulike systemer. Det er for eksempel ikke enkelt å avgjøre om en ”stor” sårbarhet innenfor den naturlige sårbarheten (for eksempel i form av økt nedbør og påfølgende økt fare for flom) er like alvorlig som en ”stor” sårbarhet innenfor den samfunnsøkonomiske sårbarheten (for eksempel i form av økende utbygging nær vassdrag og dermed økt eksponering for flomskader). Vår sammenligning på tvers av sårbarhetskategorier gir likevel grunn til én viktig påpekning: Det er ikke tilstrekkelig å se isolert på den naturlige sårbarheten når man skal utlede tiltak for klimatilpasning. I mange tilfeller kan endringer i samfunnet være vel så avgjørende for den samlede framtidige klimasårbarheten som klimaendringene isolert sett; en innsikt som også kan være bestemmende for valg av tilpasningsstrategier og –tiltak. Det kanskje klareste eksempelet på dette er innen temaet jordbruksproduksjon, der mange tidligere analyser har trukket fram at klimaendringer kan være positivt for jordbruket. Vår konklusjon er at om man ser forventede endringer i klima og samfunn under ett, så er det mer riktig å si at også for jordbruket så er det knyttet store utfordringer til det å tilpasse seg klimaendringer, og at disse utfordringene knytter seg vel så mye til endringer i samfunnet som i klimaet.

Om vi sammenligner mellom våre *kategorier av infrastruktur*, så får vi fram en noe større variasjon enn samlet sett og mellom sårbarhetskategorier. I våre analyser framstår havner som den klart minst klimasårbare sektoren, mens jordbruksproduksjon, bygg og vann og avløp framstår som mest sårbare. I en mellomkategori finner vi transport og informasjonsteknologi og energiforsyning.

Tabell 13 *Oppsummering av våre vurdering omkring klimasårbarhet innen hver kategori av kommunal og fylkeskommunal infrastruktur*

Type infrastruktur	Naturlig sårbarhet	Samfunnsøkonomisk sårbarhet	Institusjonell sårbarhet
Jordbruksproduksjon	Usikker nasjonalt, stor globalt	Stor og økende	Liten og økende
Lokalisering av infrastruktur	Stor	Middels og økende	Middels og stabil
Bygg	Middels	Middels og økende	Stor og økende
Vann og avløp	Middels	Stor og økende	Middels og økende
Veger	Middels	Middels og økende	Middels og stabil
Havner	Lav	Lav og svakt økende	Middels og stabil
Offentlig transportarbeid	Middels	Middels og økende	Middels og stabil
IT og strømforsyning	Middels	Middels og økende	Middels og stabil

Vi har også forsøkt å få fram de *regionale variasjonene* i klimasårbarhet. Fordi vi opererer med en todimensjonal vurdering (i noen tilfeller tre dimensjoner) av klimasårbarhet (naturlig og samfunnsmessig sårbarhet, i noen tilfeller har vi splittet den samfunnsmessige sårbarheten opp i samfunnsøkonomisk og institusjonell), er det ofte vanskelig å si noe generelt om den samlede regionale variasjonen. Den naturlige sårbarheten har ofte en annerledes regional variasjon enn den samfunnsmessige; eventuelt har vi mer sikker kunnskap om den ene av de to (eller tre) sårbarhetsdimensjonen. Under har vi likevel forsøkt oss på en kortfattet oppsummering mhp regional variasjon i den samlede klimasårbarheten for de ulike kategoriene av infrastruktur.

Tabell 14 *Oppsummering av våre vurderinger omkring regional variasjon i den samlede klimasårbarheten innen hver kategori av kommunal og fylkeskommunal infrastruktur*

Type infrastruktur	Regional variasjon
Jordbruksproduksjon	Vanskelig å anslå fordi det generelt sett er vanskelig å fastslå sumeffekten av klimaendringer på dyrkingsvilkår
Lokalisering av infrastruktur	Vestlandet og Nord-Norge trolig mest utsatt for skred, mens Østlandet og sentrale Vestlandet mest utsatt for flom
Bygg	Råteproblemer forventes å øke sterkt langs hele kysten og i indre deler av Østlandet og i Trøndelag
Vann og avløp	Nedbør øker over hele landet, minst økning langs kysten og mest i innlandsregioner. Korttidsnedbør er viktig. Eldst rørsystem i Oslo.
Veger	Trolig størst utfordringer på Vestlandet og i Nord-Norge, men gjenstår å gjøre gode nasjonale sårbarhetsvurderinger

Havner	Havnivåstigningen og økt vindhastighet trolig størst på Vestlandet, der også transportmengden er størst; men størst samfunnsøkonomisk sårbarhet i Nord-Norge knytte til forventning om økt transportmengde til sjøs.
Offentlig transport	Trolig størst problem langs kyst- og fjordstrøk på Vestlandet og i Nord-Norge
IT og strømforsyning	Regional variasjon i relevante klimaparametre indikerer størst negativ endring i Trøndelag og på Vestlandet

Klimatilpasning

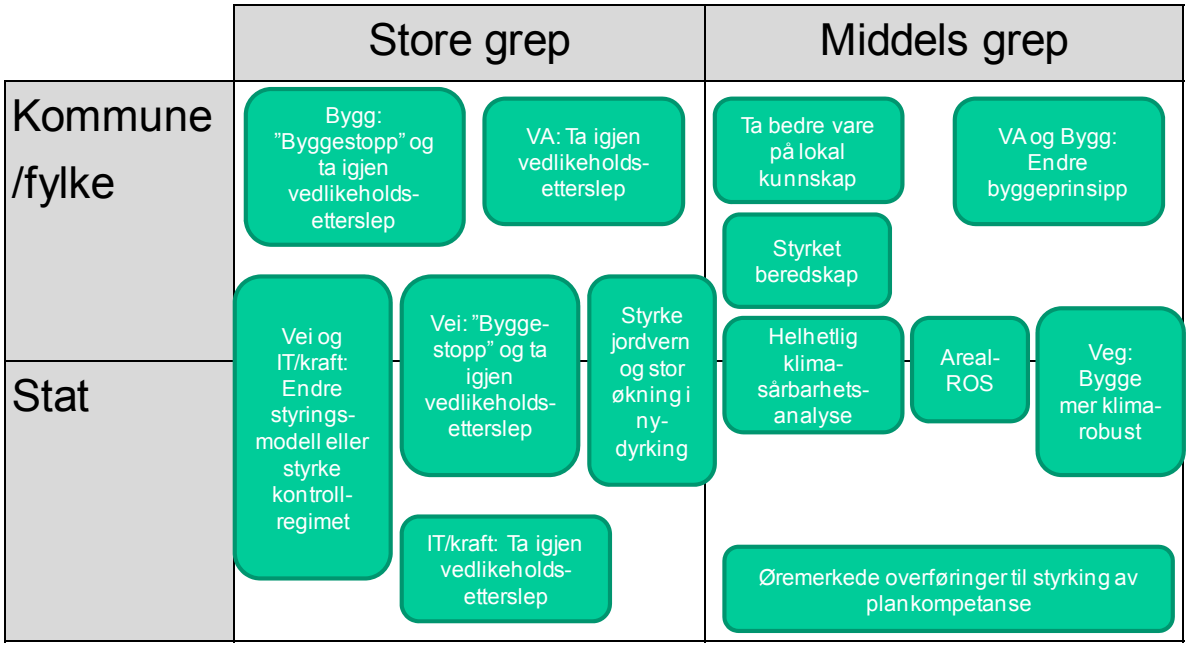
Når det gjelder *klimatilpasning* så kan det være fornuftig å gjøre et hovedskille mellom på den ene siden tiltak som hovedsakelig retter seg inn mot *kommune og fylkeskommune* og de som retter seg inn mot *staten*, men som fortsatt er relevante lokalt og regionalt. Videre kan det være fornuftig å skille mellom det vi kan kalle *store* og *litt mindre omfattende hovedgrep* i tilpasningsarbeidet.

De viktigste *store grep* som hovedsakelig omfatter kommuner og fylkeskommer er da følgende: "Byggestopp" og ta igjen vedlikeholdsetterslep innen offentlige bygg, og det å ta igjen vedlikeholdsetterslep innen vann og avløp. I skjæringspunktet mellom stat og kommune finner vi så følgende tre store grep: Vurdere å endre styringsmodell eller styrke kontrollregimet innen både it/kraftforsyning og vegsektoren, "byggestopp" og ta igjen vedlikeholdsetterslep innen vegsektoren, og det å styrke jordvernet og øke takten dramatisk når det gjelder nydyrking. Et stort grep som i hovedsak omfatter staten – i samarbeid med private aktører – består i å ta igjen vedlikeholdsetterslep innen IT og kraftforsyning.

Om vi så tar for oss de noe *mindre omfattende* grepene finner vi for det som i hovedsak gjelder kommuner og fylkeskommer først to grep som gjelder generelt for alle kategorier av infrastruktur: Ta bedre vare på lokal kunnskap og styrket beredskap. I tillegg er det en utfordring å endre utbyggingsprinsipp innen vann og avløp, bl.a. legge opp til større grad av overflatebehandling.

I en posisjon mellom stat og kommune er det to grep som gjelder generelt for alle kategorier av infrastruktur: Gjennomføre helhetlig klimasårbarhetsanalyse og følge opp kravet om å gjennomføre areal-ROS. Videre er det en felles utfordring å bygge mer klimarobuste veger. En utfordring som i utgangspunktet er statens ansvar – i alle fall om man skal følge anbefalingen fra NOU klimatilpasning – er å styrke plankompetansen i kommunene. Dette ønsker NOU klimatilpasning skal skje gjennom øremerkede overføringer.

Figur 16 *Sammenstilling av våre forslag til hovedgrep for klimatilpasning*



Ulike tiltak og strategier har ulike tidshorisonter med tanke på *når* de bør settes i verk og hvor langsiktige de er. I tabellen under har vi forsøkt å skille mellom kortsiktige og langsiktige strategier og tiltak. Videre har vi forsøkt å føre opp noen kriterier for når det kan være fornuftig å vente-og-se. Denne typen inndelinger kan danne grunnlag for tilsvarende vurderinger som bør gjøres i hver enkelt lokale og regionale tilpasningsstrategi som kommuner og fylkeskommuner bør utvikle.

***Tabell 15** Forslag til tidsfaseinndeling av foreslåtte klimatilpasningstiltak og -strategier*

Kortsiktige	**Langsiktige**
• Følge pålegg om lokale ROS-analyser • Styrke plankapasiteten i kommunene • Lage helhetlige klimatilpasningsplaner • ”Byggestopp” for å øke vedlikeholdsbudsjettet • Endre planlegging og utbygging av VA-anlegg • Strengere jordvern	• Ta igjen vedlikeholdsetterslepet i offentlig infrastruktur • Styrke kontrollregimet i offentlig forvaltning – eller endre styringsmodellen • Styrke beredskapen • Bygge mer klimarobuste infrastruktur • Øke nydyrkingen
Vente-og-se • Der konsekvenser av klimaendringer utvikler seg så sakte at vi kan tilpasse oss når problemene blir mer tydelige (eks brygger og havnivåstigning) • Der ansvarsfordeling mellom kommune-stat eller offentlig-privat ikke er avklart, og der det er åpenbart at kommunene vil få en mer avgrenset rolle (eks justere eksisterende risikovurderinger i historisk flomutsatte større vassdrag ut fra hensyn til klimaendringer) • Der usikkerheten for beslutningstakere omkring konsekvenser av klimaendringer er særlig store men man samtidig kan regne som rimelig sikkert at konsekvensene ikke blir dramatiske (eks konsekvenser av endret vind)	

Hindringer

Den typen analyser vi har gjort i denne rapporten er analyser av *tenkte* eller *hypotetiske* hindringer i forhold til det å iverksette tilpasning til klimaendringer. Vi har basert oss på våre egne analyser av mulige tilpasningsstrategier, som igjen er basert på dels synspunkter og forslag fra lokale informanter vi har intervjuet, dels på våre egne analyser ut fra vår egen innsikt omkring klimasårbarhet og aktuelle tilpasningsstrategier, og dels på litteraturen. En analyse av *faktiske* hindringer må nødvendigvis skje etter at man faktisk har forsøkt å gjennomføre tiltak for tilpasning til klimaendringer; noe de færreste kommuner og fylkeskommuner har gjort. Skulle vi få fram den typen informasjon måtte vi gjort andre typer og mer omfattende analyser; analyser som ville vært mer i tråd med forvaltningsrevisjon eller evaluering. Våre analyser er med andre ord avgrenset til å beskrive hindringer som *kan* oppstå når arbeidet med tilpasning til klimaendringer etter hvert blir satt på dagsorden i kommuner og fylkeskommuner.

Den viktigste innsikten i våre analyser er for det første å angi en mulig metodikk som hver enkelt kommune og fylkeskommune kan bruke for selv å analysere mulige hindringer; dernest våre tematiske analyser av mulige hindringer. Det siste må slik sett oppfattes om en form for sjekkliste over konkrete hindringer. Karakter og styrke av hindringer vil i stor grad være avhengig situasjonen lokalt; det vi i prosjektet har betegnet som den naturlige, samfunnsøkonomiske og institusjonelle sårbarheten. Altså hvordan klimaendringene kan slo ut lokalt og hvordan forutsetningene er lokalt for å håndtere disse utfordringene. Det er derfor begrenset hva man kan få av ytterligere innsikt ved å prøve å oppsummere våre analyser på tvers av prosjektets tema. Vi har likevel prøvd oss på en slik overordnet analyse under.

Først har vi sammenfattet hindringene i forhold til våre fem hovedkategorier av hindringer. Av tabellen under ser vi at målt i antall ganger hovedkategoriene omtales så utgjør hindringer knyttet til usikkerhet den minste andelen. Den største andelen hindringer kan knyttes tilorganisering, mens hindringer knyttet til virkemiddelbruk og mål er om lag like store.

***Tabell 16** Fordeling av omtalte hovedkategorier av hindringer for samtlige analysetema på hovedkategorier av hindringer (N=66)*

Hovedkategori av usikkerhet	Andel
Usikkerhet	9 %
Organisering	44 %
Virkemidler	24 %
Mål	23 %

Videre har vi forsøkt å slå sammen de ulike identifiserte hovedkategoriene av hindringer til noen mer generelle og robuste underkategorier. Den sammenstillingen er vist i tabellen under. Her har vi skilt mellom to grupper: De som

opptrer ofte (i fem eller flere av totalt 69 tilfeller) og de som opptrer sjelden (4 eller færre ganger). På topp finner vi svak lokal (politisk og/eller administrativ) kompetanse og/eller svak administrativ kapasitet. Dette samsvarer med andre analyser av kommunenes syn på hindringer i det kommunale miljøvernarbeidet. På andre plass finner vi manglende ROS- og/eller klimatilpasningsplanlegging tett fulgt av usikkerhet i klimaframskrivninger. Også dette rimer med andre undersøkelser gjennomført av bl.a. DSB. Manglende vedlikeholdsetterslep nevnes på line med to ulike kategorier som gjelder svakheter i organisering og rutiner.

Tabell 17 *Fordeling av omtalte underkategorier hindringer for samtlige analysetema på hovedkategorier av hindringer (N=69)*

Omtalt	Hindring	Andel
Ofte (5 x →)	Svak lokal kompetanse og administrativ kapasitet	14 %
	Manglende ROS- og/eller klimatilpasningsplanlegging	13 %
	Usikkerhet om klimaframskriving	12 %
	Manglende ansvarsfordeling og/eller koordinering	7 %
	Manglende hensyn til klimaendringer i planer, rutiner og tiltak	7 %
	Vedlikeholdsetterslep og/eller for lav standard i eksisterende fysisk infrastruktur	7 %
Sjelden (1-4 x)	For kort tidshorisont i planlegging og forvaltning	4 %
	Manglende ressurser til fysiske sikringstiltak og beredskap	4 %
	Målkonflikter mellom tilpasning til klimaendringer og økonomiske hensyn	4 %
	Manglende etterspørsel etter kurs	3 %
	Manglende oppfølging av eksisterende statlige krav	3 %
	Målkonflikter mellom tilpasning til klimaendringer og utbyggingsinteresser	3 %
	Lite bruk av tilgjengelig ny kunnskap	3 %
	Svakt tilsyn og kontroll	3 %
	Mangel på relevante virkemidler og verktøy	3 %
	Manglende teknologi	3 %
	Mangelfull overføring av lokal kunnskap	1 %
	Manglende dokumentasjon	1 %
	Målkonflikter mellom tilpasning til klimaendringer og ønske om høy mobilitet	1 %
	Svak lokal oppslutning	1 %

Den rangeringen som er vist over må ikke forstås som en vekting av hvilke hindringer som er "viktigst" i betydningen yter størst "motsand" mot det å gjennomføre tilpasninger. Selv om en hindring omtales ofte (for eksempel hindringen som gjelder svak kompetanse og administrativ kapasitet) så kan denne i praksis være enklere å omgå enn én kategori som omtales sjeldnere (for eksempel vedlikeholdsetterslep, som vil være langt mer kostnadskrevende å omgå enn det å styrke kompetansen og øke den administrative kapasiteten). Det som rangeringen *kan* brukes til er som en sjekkliste for hvilke typer hindringer man kan forvente å møte og hvor ofte hindringene kan forventes å opptre.

Usikkerhet

Usikkerhet er et sentralt tema i klimasammenheng. Det er viktig å være klar over en grunnleggende forskjell når det gjelder hvordan forskning og beslutningstakere forholder seg til usikkerhet og det å bringe fram ny kunnskap. Beslutningstakere forventer gjerne at et av formålene med å få fram ny kunnskap er å *redusere* kunnskapen, mens forskning ofte fokuserer på å *løfte fram* usikkerheten i ny kunnskapsproduksjon. Det er med andre ord grunn til å stille spørsmål ved om det er en mismatch mellom forventninger fra beslutningstakere om presise styringssignal og det som er mulig å få fram av kunnskap i den typen analyser som dette prosjektet omfatter. Derfor er det viktig å peke på noen grunnleggende begrensninger for kunnskap om framtidig klimasårbarhet:

- Vi vet ikke hvordan utslippene av klimagasser globalt vil utvikle seg.

- Vi mangler kunnskap om virkningen av viktige negative tilbakekoblingsmekanismer i samspillet mellom klima – natur – samfunn (for eksempel økt temperatur fører til økt smelting av tundraen som igjen fører til økte utslipp av klimagassen metan som så gir økt temperatur).
- Fra andre studier av negative miljøeffekter av menneskelige inngrep vet vi at det ofte oppstår effekter som man ikke klarer å forutse, og at disse kan vise seg å være viktigere enn de effektene man faktisk klarer å forutse.
- Uansett hvor gode modeller vi klarer å utvikle så vil tilfeldigheter alltid kunne spille inn og derfor gi oss uforutsigbare effekter.
- Nedskalering av klima- og samfunnsendringer inneholder ofte mange av usikkerhetene over.

Det er derfor grunn til å stille spørsmålet om klimatilpasning grunnleggende sett er et *føre-var politikkområde*. Det er en svært krevende oppgave å utvikle et praktisk rammeverk for et slikt politikkområde. Vi har elementer av en slik politikk innen norsk forvaltning i medhold av genteknologiloven. Men uansett gjelder at usikkerhet ikke bør være en unnskyldning for ikke å gjøre noe nå - en utsettelse av tiltak vil i mange tilfeller kunne øke kostnadene dramatisk; for eksempel bygging i strandsonen uten å ta hensyn til havnivåstigning, bygging i områder som kan bli utsatt for skred og flom i framtiden og irreversibel omdisponering av dyrka og dyrkbar mark.

I våre analyser har vi forsøkt å kartlegge hvilke ulike former for usikkerhet som knytter seg til hver av våre kategorier av infrastruktur. I tabellen under har vi stilt sammen disse analysene ved å vise den prosentvise fordelingen av antall ganger en usikkerhetskategori er omtalt. Av tabellen ser vi for det første at usikkerhet oftere er knyttet til, eller lokalisert, ”klima” og ”natur” enn ”samfunn”. Videre ser vi at det er en relativt jevn spredning mellom de ulike typene usikkerhet, men skalausikkerhet den kategorien som er oftest benyttet. Et hovedpoeng her er at det er en jevn spredning mellom alle våre til sammen 12 kategorier av usikkerhet. Dette er et viktig poeng all den tid debatten omkring usikkerhet i klimasammenheng ofte fokuserer på den grunnleggende usikkerheten som kan knyttes til ”klima”.

Tabell 18 *Prosentvis fordeling av hvor ofte de ulike kategoriene av usikkerhet er omtalt innenfor alle våre kategorier av kommunal og fylkeskommunal infrastruktur*

Typer usikkerhet	Lokalisering av usikkerhet			**Sum**
	Klima	Natur	Samfunn	
Grunnleggende usikkerhet	9 %	10 %	2 %	**21 %**
Modellusikkerhet	10 %	9 %	0 %	**19 %**
Skalausikkerhet	12 %	10 %	10 %	**33 %**
Datausikkerhet	10 %	10 %	7 %	**28 %**
Sum	**41 %**	**40 %**	**19 %**	**100 %**

En mer kvalitativ oppsummering av usikkerheten er gjort under.

- Jordbruksproduksjon: Usikkerhet bl.a. knyttet til sumeffekter av klimaendringer på produksjonsvilkår og utviklingen av global matvaresikkerhet
- Lokalisering av infrastruktur: Usikkerhet knyttet til regional fordeling av ekstremvær, nedbør og framtidig utbyggingsmønster, og mekanismer som styrer forekomst av skred
- Offentlige bygg: Usikkerhet knyttet til forekomst av vind, regional fordeling av ekstremvær, nedbør og framtidig utbyggingsmønster.
- Vann og avløp: Usikkerhet knyttet bl.a. til framtidige dimensjoneringskriterier - (regional fordeling av) korttidsnedbør og forekomst av skadelige organismer i drikkevann.
- Veger: Usikkerhet særlig knyttet til regional fordeling av ekstremvær, nedbør og framtidig mobilitet, og mekanismer som styrer forekomst av skred
- Havner: Usikkerhet knyttet mest til forekomst og regional fordeling av vind
- Offentlig transportarbeid: Usikkerhet knyttet til regional fordeling av vegstengninger utløst av flom og ras
- IT og strømforsyning: Usikkerhet særlig knyttet til regional fordeling av ekstremvær, nedbør og elforbruk/-produksjon

Nye former for klimasårbarhet

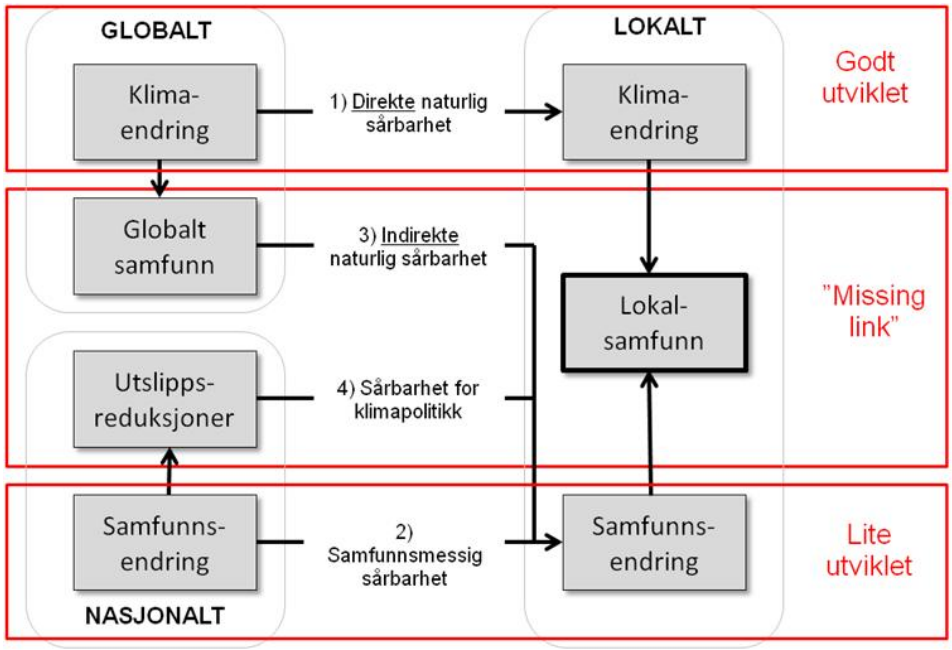
Vårt prosjekt har dreid seg om tilpasningsdelen av klimapolitikken. Tradisjonelt har fokuset da vært avgrenset til sårbarhet i forhold til endringer av klimaet, der klimaendringer blir avgrenset geografisk til det området vi studerer.

I søknaden vår til KS-forskning om å få dette oppdraget la vi inn en utvidelse av sårbarhetsperspektivet ifht det som sto i utlysningen langs med to dimensjoner: En som gjelder sårbarhetstema og en som gjelder geografisk avgrensning.

Med hensyn på sårbarhetstema ønsket vi å studere hvordan endringer i samfunnet – ikke bare endringer i klimaet – bestemmer klimasårbarheten.

Vi ønsket også å dra inn analyser av hvordan klimaendringer i andre land kunne påvirke Norge. Dette perspektivet la vi inn i analysen av jordbruksproduksjon under temaet ”areal”. For de øvrige kategoriene av infrastruktur er dette perspektivet trolig mindre relevant.

En tredje dimensjon, som vi valgte å ikke bringe inn i prosjektet, er spørsmålet om sårbarhet overfor klimapolitikk, forstått som den utslippsorienterte klimapolitikken (jf figuren under). I dette ligger tiltak og strategier som går ut over det å redusere klimagassutslipp eller binde karbon. Her tenker vi på de tilpasninger som må gjøres ifht det å måtte klare seg uten fossil energi, det som i internasjonal sammenheng blir betegnet som ”post carbon society”. Det er mulig å argumentere for at vi trolig også må tilpasse oss til et lavenergisamfunn. Poenget vårt er uansett at den typen virkemidler og strategier som trengs for å omstille til et lavkarbon – eventuelt også lavenergi – samfunn har et nært slektskap med det å tilpasse seg klimaendringer. Vi vil derfor tro at det på sikt er naturlig å utvide tilpasningspolitikken til også å omfatte disse dimensjonene (jf figuren under).



Figur 17 *Ulike dimensjoner i en samlet klimatilpasningspolitikk*

Litteraturliste

Under følger en utvalgt liste med de mest sentrale referansene som vårt arbeid bygger på, og som også kan være viktig for å skaffe seg mer detaljert kunnskap i tillegg til våre fem delrapporter.

Generelt klimaendringer

Drange, H., B. Marzeion, m.fl. (2007). Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100. *Cicerone*(2): 29-31.

FAO (2008). Climate Change and Food Security, A Framrwork Document. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børsheim, H. Hisdal, D. Lawrence, A. Nesje, S. Sandven, A. Sorteberg, S. Sundby, K. Vasskog og B. Ådlandsvik (2009): *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilplassing*, Norsk klimasenter, september 2009, Oslo

IPCC (2000). Emission Scenarios. Summary for Policymakers. A Special Report of IPCC Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Klimatilpasning Norge (2009). Estimater av fremtidig havnivåstigning i norske kystkommuner. Det nasjonale klimatilpasningssekretariatet ved Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. http://www.regjeringen.no/upload/MD/Kampanje/klimatilpasning/tempraturendringer/havnivaastigning-rapp.pdf

Generelt klimasårbarhet og klimatilpasning

Aaheim, A., 2009: *Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge*. Rapport til Klimatilpasningsutvalget. CICERO

Aaheim, A., Amundsen,H., Dokken,T., Ericson,T., Wei,T 2009: A macroeconomic assessment of impacts and adaptation to climate change in Europe.

ACIA (2005). *Arctic Climate Impact Assessment,* Cambridge University Press

CICERO (2006). ”Tilpasning til ekstremvær i norske kommuner”. Strategisk instituttprogram (samarbeids-SIP) finansiert av Norges forskningsråd, under ledelse av CICERO, med NIVA, NILU, NIKU, Bioforsk, NINA og NIBR. Tilgjengelig påhttp://www.klimakommune.no.

CIENS (2007). Tilpasninger til klimaendringer i Osloregionen. CIENS-rapport 1-2007.

DSB (2007). Klimatilpasning 2007. Klimatilpasning i kommuner, fylkeskommuner og blant fylkesmenn. Rapport. Tønsberg Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.

ECON, 2006: *”Samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen?”* . Rapport 2006-085, utarbeidet av ECON for Statens landbruksforvaltning

Groven, K., H. H. Leivestad, m. fl. (2008). Naturskade i kommunene. Sluttrapport fra prosjekt for KS. Vestlandsforsking-rapport nr. 4/2008. Sogndal, Vestlandsforsking.

Harvold, K., A., ed. (2010). Ansvar og virkemidler ved tilpasning til klimaendringer CIENS-rapport 1-2010. Oslo, CIENS Forskningssenter for miljø og samfunn.

Husabø, I. 2010: Ekstremvêrhendingar - erfaringsgrunnlag for klimatilpassing hos fylkesmannen. VF –rapport 2010-4. Vestlandsforsking

IEA 2010: World Energy Outlook 2010

IPCC, 2007. Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

NOU 2010: ”Tilpassing til eit klima i endring”. Norsk offentlig utredning fra Klimatilpasningsutvalget.

RIF, 2010: *State of the Nation. En gjennomgang av rikets tilstand for 11 sentrale områder innen offentlig bygg og infrastruktur.* Oslo: Rådgivende ingeniørers forening (RIF)

Sælensminde, I., Aall, C., Hygen, O. (2010): Klimatilpasning i Fredrikstad. Faglige innspill til Fredrikstad kommunes arbeid med en plan for tilpasning til klimaendringer. VF rapport 3/2010. Sogndal: Vestlandsforsking.

Spesielt om arealforvaltning

Cordell, D., Drangert, J.-O.White, Stuart 2009: The story of phosphorus: Global food security and food for thought. Global Environmental Change 19 (2009) 292–305

Eltun, R. Romstad E., og Øygarden, L.(red.) 2010: Kunnskapsstatus "Bedre agronomi". Utredning av kompetansegrunnlaget for bedre agronomi for å møte landbrukets klimautfordringer. Bioforsk Rapport. Vol. 5 Nr.66 2010

FAO 2009: "The State of Food and Agriculture"

Grønningsæter, G. (2010). KOSTRA landbruk. En vurdering av rapporteringen for 2009. Rapport-nr.: 16/2010, Statens landbruksforvaltning.

Hisdal, H., Roald, L., Beldring. S. 2006: Past and future changes in flood and drought in the Nordic countries. International association of hydrological sciences press, Wallingford, ROYAUME-UNI

Landbruks- og matdepartementet 2009: St.meld. nr 39 Klimautfordringene – Landbruket en del av løsning (2008 – 2009)

Norges geologiske undersøkelse, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Statens landbruksforvaltning, Statens vegvesen, Jernbaneverket og Statens kartverk (2006): Store fjellskred i Norge. Utredning for Landbruks- og matdepartementet.

Ressursoversikt fra Skog og landskap 03/2008. Norsk Institutt for skog og landskap.

Riksrevisjonen 2010: Riksrevisjonens undersøkelse av myndighetens arbeid med å forebygge flom- og skredfare. Dokument 3:4 (2009–2010)

Riksrevisjonen 2010b: Riksrevisjonens undersøkelse av måloppnåelse og styring i jordbruket. Dokument 3:12 (2009-2010)

Roald , L.2007: :Flom – ekstrem nedbør og konsentrert snøsmelting. Foredrag på fagmøte for NorACIA i CIENS 25.september 2007.

Skaugen, T.E. og O.E. Tveito, 2004. Growing-season and degree-day scenario in Norway for 2021-2050. Climate research 26:221-232.

SSB 2010: Temaside Jordbruk, tilgjengelig på http:// www.ssb.no/emner/10/04/10/jordbruksareal/

Strand, G. H. og Bekkhus, R. 2008: Markslagstatistikk. Dyrka og dyrkbart areal

Spesielt om bygg

Almås, A-J., C-F- Øyen, H.O. Hygen og K.R. Lisø (2010). An approach to impact assessments for buildings in Norway under a changing climate. I Richard Lorch (ed.) Building Research & Information (innsendt),

Eriksen, S., Øyen, C.F., Kasa, S. og Underthun, A, (2007). Klimatilpasning og fuktsikring i typehussektoren. Delrapport fra FoU-programmet «Klima 2000», Prosjektrapport 3, SINTEF Byggforsk, Oslo

FOBE (2004). Beregning av etterslep i vedlikehold av fylkeskommunale og kommunale bygninger, kirker og veger i Nord-Trøndelag. Oslo, Norsk Kommunalteknisk Forening, Forum for Offentlige Bygg og Eiendommer.

Ingvaldsen, T. (2008). Byggskadeomfanget i Norge (2006). En vurdering basert på et tidligere arbeid og nye data. Prosjektrapport nr. 17. Oslo, SINTEF Byggforsk.

KlimaGIS (2010). Informasjon er tilgjengelig på http://www.klimagis.no/wip4/

Kommunal- og regionaldepartementet (2008). Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift TEK 10).Sist endret 06.2010.

Lisø, K. R., T. Kvande, mfl. (2006). Learning from experience - an analysis of process induced building defects in Norway. Research in Building Physics and Building Engineering - Proceedings of the the 3rd International Building Physics Conference. Fazio, Ge, Rao and Desmarais (eds), Taylor & Francis Group, London: 425-432.

Lisø, K.R. (2006). *Building envelope performance assessments in harsh climates: Methods for geographically dependent design*. Doctoral theses at NTNU 2006:185, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering

Lisø, K.R. og Kvande, T. (2007). Klimatilpasning av bygninger, SINTEF Byggforsk, Oslo

Miljøverndepartementet (2008). Lov om planlegging og byggesaksbehandling. Sist endret 06/2010 (LOV-2010-06-25-48)

Multiconsult (2008). Vedlikehold i kommunesektoren. Areal, tilstand, oppgraderingsbehov, vedlikeholdsstrategi. Appendiks 1. Oslo, Multiconsult på oppdrag fra KS.

Multiconsult and Price Waterhouse Coopers (2008). Vedlikehold i kommunesektoren. Fra forfall til forbilde. Oslo, Multiconsult og Price Waterhouse Coopers.

Øyen, C.F., A-J. Almås, H-O. Hygen og I. Sartori, 2010: Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredninger som grunnlag for NOU om klimatilpasning. Rapport laget på oppdrag for Statens bygningstekniske etat (BE) og Klimatipasningsutvalget av SINTEF Byggforsk, Oslo.

Spesielt om vannforsyning og avløpshåndtering

Byggforskserien: ”Planlegging. 311.015 Vann i by – håndtering av overvann i bebygde områder”

Lilletvedt, T: ”Fornyelse av avløpsnettet i Kristiansand kommune”,TEKNA kursdagene i 2011

Lindholm, O, mfl, Norsk Vann, ”Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering”, 2008

Lindholm, O, mfl, SFT, 2007: Klimatilpasninger – Veiledning om mulige tiltak i avløpsanlegg (TA-2317/2008)

Muthanna et. al, Norsk Vann, ”Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren - forprosjekt”, 2010

Nie, L, 2010: State-of-the-art of urban flood management in Norway and adaptation to climate change. SINTEF rapport overvannshåndtering”. NORVAR-rapport 144/2005.

Rausand, M., and A. Høyland (2004). System reliability theory: models, statistical methods, and applications. Wiley-Interscience, Hoboken, N.J.

Watt, W. E., Waters, D. and McLean, R. 2003. “Climate Change and Urban Stormwater

Spesielt om transport og transportinfrastruktur

Avinor, Jernbaneverket, et al. (2007). Nasjonal transportplan 2010-2019: Virkninger av klimaendringer for transportsektoren. Arbeidsdokument

Fylkesmannen i Hordaland, 2009: FylkesROS Hordaland 2009. Risiko- og sårbaranalyse for Hordaland fylke. Bergen.

Riksrevisjonen, 2009: Riksrevisjonens undersøking av drift og vedlikehald av vegnettet. Dokument nr. 3:16 (2008-2009). Oslo, Riksrevisjonen.

Strøm, L., Wiberg, P. og J.H.S. Andersen, 2005: Transportberedskap Hordaland 2005 med analyse av risiko og sårbarhet. Bergen: Hordaland fylkeskommune.

Spesielt om kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon

Kjølle, G:, 2008: *Kraftledninger, værpåkjenninger og forsyningssikkerhet,* SINTEF Energiforskning AS 2008, TR A6611

NSR, 2010: *Mørketallsundersøkelsen – Informasjonssikkerhet og datakriminalitet*. Rapport fra Næringslivets Sikkerhetsråd (NSR)

NVE, 2008: *Avbruddsstatistikk 2008*. Oslo: NVE.

NVE, 2009: *Klimatilpasning i kraftforsyningen 2009*. NVE rapport 16/2009. Oslo: NVE

NVE, 2009: *Strategi for NVE 2010-2014.* Oslo: Norge vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 2010A: *Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100. Sammendragsrappor*t. NVE rapport 6/2010

NVE, 2010B: *Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100. Utredning utarbeidet for Regjeringens klimatilpassingsutvalg av NVE. Hovedrapport*. NVE rapport 5/2010

OED, 1990: FOR 1990-12-07 nr 959: *Forskrift om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energilovforskriften)* http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19901207-0959.html

OED, 2002: F*OR 2002-12-16 nr 1606: Forskrift om beredskap i kraftforsyningen* http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20021216-1606.html

OED, 2008: *Fakta 2008. Energi og vannressurser i Norge*. Oslo: NVE.

Statnett, 2009: *Nettutviklingsplan for sentralnettet 2009K.* Oslo: Statnett