



CIENS

Forskningscenter for miljø og samfunn



Tilpasning til ekstremvær under klimaendringer i norske kommuner

Prosjektleder Ilan Kelman, CICERO

CIENS-rapport 4-2011



Bioforsk

°CICERO

CICERO (Senter for klimaforskning)



NIBR (Norsk institutt for by- og regionforskning)



NIKU (Norsk institutt for kulturminneforskning)



NILU (Norsk institutt for luftforskning)



NINA (Norsk institutt for naturforskning)



NIVA (Norsk institutt for vannforskning)

Tittel: Tilpasning til ekstremvær under klimaendringer i norske kommuner

Redaktør: Ilan Kelman

CIENS-rapport: 4–2011

ISSN: 1890-4572

ISBN: 978-82-92935-09-5

Finansieringskilde:
Norges forskningsråd

Prosjektleder:
Ilan Kelman, CICERO

Kvalitetsansvarlig:
Asbjørn Aaheim, CICERO

Antall sider:

Pris:
250,-

Dato: 22. november 2011

Emneord: klimaendringer, flommer, kommuner, kulturarv, vannkvalitet, vær

Sammendrag:

Denne rapporten oppsummerer resultatene fra Klima SIP (Strategisk instituttprogram), et forskningsprosjekt som involverte syv norske forskningsinstitutter. Prosjektet er finansiert av Norges forskningsråd for perioden 2006-2011 og har som mål å bistå norske kommuner i arbeidet med å tilpasse seg ekstremvær på kort og lang sikt. Prosjektet hadde som hovedmål å gjøre nye forskningsfunn som kan være til hjelp for kommuner som er utsatt for ekstremvær og effekter av klimaendringer. Tre sektorer har hatt spesielt fokus: drikkevann, kulturarv og naturmiljø.

Effektene av klimaendringer for norske kommuner er beskrevet i rapporten. Dessuten inneholder rapporten et kapittel om hvordan kommunisere klimaendringer til kommunene. Så følger en oppsummering av forskningsresultatene for de tre hovedsektorene. Temaene inkluderer avrenning fra jordbruk, vannbehandlingsanlegg, forurensing som påvirker bygningsfasader, klimaendringenes påvirkning på kulturarven og beslutningstaking i forhold til denne og biodiversitet på flomsletter. Etter dette følger en diskusjon om kunnskap i kommunene og muligheter for integrering av ny kunnskap i kommunal beslutningstaking. Til slutt følger et forslag for framtidig forskning på områdene som er dekket av dette prosjektet.

Title: Adapting to extreme weather under climate change in Norwegian municipalities

Editor: Ilan Kelman

CIENS-report: 4–2011

ISSN: 1890-4572

ISBN: 978-82-92935-09-5

Financed by:
Norwegian Research Council

Project manager: Ilan Kelman, CICERO

Quality manager: Asbjørn Aaheim, CICERO

Pages:

Price:
250,-

Date: 22 November 2011

Keywords: climate change, floods, municipalities, heritage, water quality, weather

Abstract:

This report summarises results from the Klima SIP (Strategic Institute Programme), involving seven Norwegian research institutes. It was funded by the Norwegian Research Council from 2006–2011 and aims to assist municipalities in adapting to extreme weather. The programme's main objective was to conduct original scientific research in order to aid municipalities in facing the challenges of climate-driven extreme weather, over the short-term and the long-term. Three specific sectors were highlighted: drinking water supply, cultural heritage, and flood risk reduction.

The impacts of climate change on Norwegian municipalities are described along with work to communicate climate change to municipalities. Then, a summary of results and recommendations for the three main sectors is provided. Topics include agricultural runoff, water treatment facilities, pollution affecting building façades, climate change impacts on and decision-making for dealing with cultural heritage, and floodplain biodiversity. Next, discussion covers the level of knowledge in and integration, of the lessons for, municipalities and municipal governance. A research agenda for future work is proposed.

Innholdsfortegnelse

INNHALDSFORTEGNELSE	5
1 KLIMATILPASNING I NORSKE KOMMUNER	7
1.1 TILPASNING TIL EKSTREMVÆR I NORSKE KOMMUNER	7
1.2 HVA NÅ?	9
1.3 OPPSUMMERING	10
2 NORGES KLIMA I DAG OG I FRAMTIDEN	12
2.1 HVA BIDRAR TIL AT VI HAR DET KLIMAET VI HAR?	12
2.2 KLIMAENDRINGER SÅ LANGT	13
2.3 KLIMAENDRINGER I FRAMTIDEN	14
3 FORMIDLING AV KLIMATILPASNING	16
3.1 MÅLSETTING	17
3.2 FORMIDLING I PROSJEKTET	17
3.3 EFFEKTIV FORMIDLING	18
4 KLIMAENDRINGER OG AVRENNING FRA JORDBRUKSDOMINERTE NEDBØRSFELTER I NORGE.....	20
4.1 HVA VET VI OM AVRENNINGEN FRA LANDBRUKET?	20
4.2 HVORDAN OPPFØRER AVRENNINGEN SEG I MINDRE JORDBRUKSDOMINERTE NEDBØRSFELT.....	22
4.3 FRAMTIDIG TEMPERATUR OG NEDBØR	23
4.4 FORVENTEDE EFFEKTER AV KLIMAENDRINGER PÅ AVRENNING, NÆRINGSSTOFFTAP OG EROSJON	23
4.5 FLERE NEDBØRSEPIDODER MED HØY INTENSITET	24
5 KLIMAENDRINGER - AVRENNING OG TILTAK I JORDBRUKSLANDSKAPET ..	26
5.1 EFFEKTER AV EKSTREMVÆR PÅ AVRENNING OG FORURENSNING	27
5.2 TILTAK.....	27
5.3 OPPSUMMERING.....	32
6 EFFEKT AV KLIMAENDRINGER PÅ VANNKVALITET OG BEHOV FOR DRIKKEVANSBEHANDLING	34
6.1 SÅRBARE DRIKKEVANSKILDER	34
6.2 MER KRAFTIG NEDBØR KAN ØKE TILFØRSELEN AV SMITTESTOFFER TIL DRIKKEVANSKILDER.....	35
6.3 KLIMAENDRINGER KAN FØRE TIL AT INNSJØER BLIR MINDRE SIKRE SOM HYGIENISKE BARRIERER	37
6.4 FARGEN I FLERE NORSKE DRIKKEVANSKILDER HAR ØKT KRAFTIG SISTE 30 ÅR	37
6.5 ØKT TEMPERATUR OG TILFØRSEL AV NÆRINGSSTOFFER KAN GI ØKT RISIKO FOR OPPBLOMSTRING AV CYANOBAKTERIER.....	39
6.6 ANDRE EFFEKTER.....	39
6.7 VANNBEHANDLINGEN MÅ OPPGRADERES FOR Å TAKLE EN FORVERRET OG MER USTABIL RÅVANSKVALITET.....	39
6.8 SELV OM VANNBEHANDLINGEN OPPGRADERES BØR KOMMUNER PRIORITERE GOD BESKYTTELSE AV DRIKKEVANSKILDER.....	41
6.9 OPPSUMMERING DRIKKEVANSKVALITET	41
7 HVORDAN KLIMAENDRINGER PÅVIRKER KORROSJONEN AV MATERIALOVERFLATER OG BYGNINGSFASADER I NORGE	43
7.1 EFFEKTE AV LUFTFORURENSNINGER	43
7.2 EN SAMMENLIGNING MED 1990-TALLET	44
7.3 EFFEKTER AV KLIMAENDRING OG LUFTFORURENSNINGER PÅ KORROSJONEN AV BYGNINGS FASADER	44
7.4 TILTAK FOR FOREBYGGING OG TILPASNING.....	49
7.5 OPPSUMMERING.....	50
8 KLIMATILPASNING AV VÅR KULTURARV.....	52
8.1 UERSTATTELIGE KULTURMINNER.....	53
8.2 MER FUKTIGHET	55

9	LOKAL FORVALTNING AV FLOMSLETTER I NORGE – FLOMDEMPENDE TILTAK, BIODIVERSITET OG KLIMAENDRINGER.....	57
9.1	HVA ER EN FLOMSLETTE	57
9.2	FLOMSLETTER– ARTSRIKE OG TRUEDE	58
9.3	FLOMSLETTER I NORGE.....	58
9.4	STOR ARTSRIKDOM PÅ FLOMSLETTER – EKSEMPEL FRA ELVESLETTENE PÅ FLISA	61
9.5	KLIMAENDRINGER OG FORVALTNING AV FLOMSLETTER – OPPSUMMERING.....	61
10	KUNNSKAP OM OG HÅNDTERING AV KLIMAENDRINGER PÅ KOMMUNALT NIVÅ.....	64
10.1	KUNNSKAP OM OG TILTRO TIL KLIMABUDSKAPET	64
10.2	INFORMASJONSKILDER OG OPPFATNINGEN AV DISSE	65
10.3	KOMMUNENS EVNE TIL Å HÅNDTERE KLIMAENDRINGER	65
10.4	PLIKT OG ANSVAR FOR Å IVERKSETTE TILTAK.....	65
10.5	FORKLARINGER.....	66
10.6	OPPSUMMERING.....	67
11	TILPASNING I NORSKE KOMMUNER	68
11.1	FAKTORER SOM PÅVIRKER TILPASNING	68
11.2	USIKKERHET KNYTTET TIL FRAMTIDEN, HVA MED NÅ?	69
11.3	MYE KAN GJØRES ALLEREDE NÅ	70
12	FORSKNINGSRESULTATER SÅ LANGT	72
12.1	DRIKKEVANN	72
12.2	KULTURARV	73
12.3	NATURMILJØ.....	73
12.4	KOMMUNAL MYNDIGHETSUTØVELSE UNDER KLIMAENDRINGER	74
12.5	OPPSUMMERING.....	74
13	FRAMTIDIG FORSKNINGSAGENDA: KLIMAENDRINGER OG NORSKE KOMMUNER	75
13.1	PROSESSER SOM PÅVIRKER LANDSKAP OG VANNMILJØ	75
13.2	PROSESSER SOM PÅVIRKER DET BYGDE MILJØET.....	76
13.3	PROSESSER SOM PÅVIRKER MYNDIGHETSUTØVELSE.....	77
13.4	OPPSUMMERING.....	77

1 Klimatilpasning i norske kommuner

Ilan Kelman, CICERO Senter for klimaforskning (ilan.kelman@cicero.uio.no)

Oversatt av

Trude Rauken, CICERO Senter for klimaforskning (trude.rauken@cicero.uio.no)

Nøkkelpunkter

- Framskrivninger for klimaendringer indikerer at Norge trolig vil oppleve varmere, våtere og villere vær.
- Det er stor usikkerhet knyttet til disse framskrivningene, spesielt lokale og sektorrelle virkninger.
- Dette forskningsprosjektet fokuserte på tre sektorer på kommunalt nivå – drikkevann, kulturarv og naturmiljøet – med mål om å bedre forstå beslutningstaking i kommuner i forbindelse med klimaendringer.
- Dette arbeidet krever kontinuitet for fortsatt å støtte og lære fra norske kommuner som står overfor klimaendringer.

1.1 Tilpasning til ekstremvær i norske kommuner

Ekstremvær har alltid påvirket menneskeheten i verden, gjennom fordeler og ulemper for samfunnet. Hvis et lokalt område innenfor eller utenfor Norge får mer nedbør enn hva som har vært tilfelle tidligere, vil en flom kunne kreve både menneske- og dyreliv i tillegg til å ødelegge eiendom og avlinger. Flomvann over dyrket mark gir også næringsstoffer til jorda, men kan også føre til erosjon og utvasking av næringsstoffer. Samtidig kan redusert nedbør føre til tørke og dermed skade på avlinger og dyrket mark, men samtidig muligens inspirere til framskritt innen atferd og teknologi for effektiv bruk av vann. Sterke vinder og skogbranner skader skog og dreper trær samtidig som det truer liv og eiendom. Men de åpner også opp områder i skogens økosystem for yngre trær og ny vekst.

Hvordan menneskeheten håndterer ekstremvær – før, under og i etterkant – har ofte mye større virkning på konsekvensene som er et resultat av ekstremværet enn ekstremværet i seg selv (Wisner m.fl., 2012). Dette blir mer tydelig idet klimaendringer begynner å påvirke ekstremvær. Rundt kloden og på alle nivåer fra lokalt til globalt påvirker klimaendringer hvordan samfunn opplever vær (IPCC, 2007). Frekvens, intensitet og styrke på ekstremvær ser ut til å følge en trend som noen steder kan overstige det meste av kollektive erfaringer som er gjort i nyere tid.

Under noen forhold kan det bli enklere å håndtere nye former for ekstremvær. I Skandinavia forventes det at økt nedbør vil redusere skogbrannfaren i regionen (Flannigan m.fl., 1998) selv om lokal variasjon øker skogbrannfaren (Hanssen-Bauer m.fl., 2009). På den andre siden må man håndtere økt nedbør med tanke på flom. Samtidig kan mer nedbør gi økt tilgang på vannkraft. Dette vil gi redusert bruk av fossilt brensel dersom tilbud og etterspørsel blir håndtert formålstjenlig. En annen effekt av økt temperatur er redusert snødekke som igjen vil ha en negativ innvirkning på snøbaserte fritidsaktiviteter.

I mange andre situasjoner er det forventet at problemer med ekstremvær vil bli forsterket av klimaendringer dersom samfunnet unnlater å håndtere utfordringene. Selv om gjennomsnittene for temperatur og nedbør endrer seg lite i et lokalt område, er det fullt mulig at ekstremvær blir mer ekstremt og får en høyere frekvens. Dette kan føre til mer flom og mer tørke på samme sted i kombinasjon med flere hete- og kuldebølger.

På lengre sikt vil også klimautfordringene bli forsterket av klimaendringer. Høyere absolutt luftfuktighet antas å øke i gjennomsnitt på grunn av høyere gjennomsnittstemperaturer, da varmere luft kan holde på mer vann. Høyere absolutt luftfuktighet øker mulighetene for skader på infrastruktur som blir utsatt for skader fra mugg, sopp og vann, noe som igjen påvirker helsa i befolkningen–og en økning i soppinfeksjoner kan også påvirke jordbruksavlinger. Samtidig vil økosystemer endres for å tilpasse seg det nye klimaregimet. Nye arter kan komme til, som erstatter eller reduserer antall lokale arter og forstyrrer dermed økosystemer.



KULTURMINNE. Trekirke på Rena, et viktig kulturminne i Norge som trues av ekstremvær og økt luftfuktighet (Foto: Ilan Kelman)

Med et komplekst endringsbilde for ekstremvær må vi spørre oss selv om hvilke muligheter vi burde se nærmere på for å håndtere disse endringene innenfor forskjellige tidshorisonter. Hva kan og skal gjøres uten å skape flere problemer enn de som løses og uten å sette til side andre samfunnsutfordringer, som ikke er knyttet til klimaendringer, som også må tas hensyn til?

Som en oppfølging av tidligere arbeid (Vevatne og Westskog, 2007), skal denne CIENS-rapporten gi noen svar på disse spørsmålene for kommuner i Norge. Norge får gjennomgående høye score på utviklingsindikatorer som utviklingsnivå, gjennomsiktighet, demokrati og velstand (f.eks. EIU, 2010; TI, 2010; UNDP, 2010). Teoretisk sett kan vi forvente at Norge skal kunne håndtere utfordringer som kommer fra ekstremvær, inkludert klimaendringer, innenfor mange tidshorisonter på en god måte. Organisering av myndighetsnivåer i Norge gjør at lokale myndigheter har mye av ansvaret for og kontroll over dette feltet. Så langt er det gjort begrenset med forskning på spesifikke styrker ved forskjellige sektorer eller for områder med muligheter for forbedring.

For å fylle noe av dette hullet og for å bidra til ny forskning for å forstå dette feltet fikk syv forskningsinstitutter i Norge midler fra Forskningsrådet med mål om å studere hvordan kommunen kan og burde håndtere ekstremvær gitt klimaendringer. Prosjektet har

gått fra 2006 til 2011 og går på tvers av institutter. Forskningsprosjektet er et Strategisk instituttprogram (SIP) som skal gi strategisk kunnskap for samfunnet.

Prosjektet har undertittelen «Tilpasning til ekstremvær i kommuner: hva, hvordan og hvorfor?» som gir et rammeverk for mer spesifikke forskningsspørsmål. Prosjektets hovedmål har vært å gjøre ny forskning for å støtte kommuner i møte med utfordringene fra klimadrevet ekstremvær på kort og lang sikt. Spesifikke sektorer ble pekt ut, som ledet til tre undermål:

- 1) Å styrke kunnskap om og gi et overblikk over de utfordringene norske kommuner som er utsatt for ekstremvær står overfor i forhold til ekstremnedbør og flom og de mulige innvirkningene på drikkevann, kulturarv, og reduksjon av flomrisiko.
- 2) Å analysere hvorvidt ny og oppdatert kunnskap om klimaendringer og økt risiko for ekstremvær har en innvirkning på politikkkutforming på kommunalt nivå i Norge.
- 3) Å undersøke hvorvidt norske kommuner har tilpasningspolitikk og handlingsplaner for å håndtere ekstremnedbør og flom for drikkevann, kulturarv og reduksjon av flomrisiko.

Instituttene som har vært med i prosjektet er:

- CICERO Senter for klimaforskning, prosjektleder – www.cicero.uio.no
- Bioforsk – www.bioforsk.no
- NIBR (Norsk institutt for by- og regionforskning) – www.nibr.no
- NIKU (Norsk institutt for kulturminneforskning) – www.niku.no
- NILU (Norsk institutt for luftforskning) – www.nilu.no
- NINA (Norsk institutt for naturforskning) – www.nina.no
- NIVA (Norsk institutt for vannforskning) – www.niva.no

Alle instituttene gjorde ny forskning innenfor sine spesialfelt, noe som har resultert i fagfellevurderte vitenskapelige publikasjoner (f.eks. Kelman, 2011a, 2011b). Men forskningen måtte også være anvendelig (Glantz, 1997) noe som betyr at en må forstå hva folk trenger for at forskning skal være anvendelig for og bli brukt av dem. En referansegruppe bestående av brukere hjalp til i denne prosessen.

Noe av det referansegruppen etterspurte var at prosjektet skulle produsere forståelig materiale som gir råd for kommunalpolitikk og tiltak. En arena for dette er nettsiden www.klimakommune.no som har faktaark om utfordringer for kommuner i forbindelse med ekstremvær under klimaendringer. Faktaarkene gir også informasjon om politikk og handlingsalternativer for å møte disse utfordringene på kortere og lengre sikt. Denne CIENS-rapporten er nok en publikasjon, med lignende materiale, som kommunene skal kunne bruke.

1.2 Hva nå?

Forskningsprosjektet oppnådde mange vitenskapelige publikasjoner, mye populærvitenskapelig forskning og medieoppslag i tillegg til kommunikasjon og utveksling med kommuneansatte som vil bruke denne forskningen. Nettsiden www.klimakommune.no vil fortsette, i hvert fall femårsperiode. Levetiden til den informasjonen som er produsert er en klar utfordring siden dette prosjektet ender ved slutten av 2011. Da stopper også finansieringen og ingen oppdateringer vil bli gjort på hjemmesiden.

Uansett, det styringsproblemet som fortsatt vil være vanskelig å gjøre noe med er den vanlige overreaksjonen som kommer etter en ekstrem værhendelse, når det er for sent å gjøre noe med konsekvensene. Dette står i kontrast til de vanlige underreaksjonene før en ekstrem værhendelse når konsekvensene kunne vært unngått. Til tross for påviste besparelser av midler og menneskeliv dersom man implementerer tilpasning før tiltak er helt nødvendig (f.eks. FEMA, 1998), er det en tendens til at for mye vekt legges på tiltak som kommer etter hendelsen er et faktum (se også Lewis, 1999).

Hvordan kan et kortlivet forskningsprosjekt støtte kommuner i det lange løp? Forskerne i dette prosjektet ville foretrekke å bygge på resultatene fram til nå gjennom lignende arbeid etter 2011, men nye prosjekter må settes i gang. Disse vil ikke nødvendigvis ha noen kobling til dette prosjektet. Uten strategisk tenkning rundt hvordan forskning kan best være til nytte for kommunene med kontinuitet og langsiktighet kan resultatene fra prosjektet muligens ende opp med å være mye mindre enn hva de burde og kunne vært.

Innenfor konteksten av prosjektforskning har prosjektet uansett gitt et grunnlag for forskning og samarbeid mellom forskere og kommuner som kan være noe å gå videre med i framtiden. Før dette prosjektet startet hadde noen av forfatterne av denne CIENS-rapporten kun begrenset kjennskap til detaljert aspekter ved klimaendringer som påvirker deres sektor. Evne til å vurdere klimaendringer har oppstått sammen med dem og deres institutter. Som en følge av dette er det sannsynlig at de vil inkorporere aspekter av klimaendringer i deres framtidige arbeid innenfor rammeverket av andre utfordringer som påvirker deres sektor. I tillegg er både vitenskapelige og ikke-vitenskapelige publikasjoner på engelsk og norsk tilgjengelige for dem som i framtiden vil lese og bygge videre på disse.

Holder det å vise til kompetanseheving og tilgjengelige publikasjoner når man skal rettferdiggjøre de pengene og tiden som gikk inn i dette prosjektet uten noen form for fortsettelse? Bare fordi kunnskap eksisterer betyr det ikke at den blir brukt. Og hvor mange linker er gjort til internasjonalt arbeid som gjøres for å hjelpe kommuner med klimaendringer som for eksempel i Australia (SCCG, 2008) så vel som pågående ikke-publiserte resultater i, for eksempel, India? Arbeid i Norge kan gi læring i andre land, men Norge burde lære fra andre også.

1.3 Oppsummering

Menneskeheten har til alle tider forsøkt å håndtere ekstremvær og endrede forhold for ekstremvær. Utfordringen fortsetter med nåværende klimaendringer som har en vesentlig menneskeskapt komponent (IPCC, 2007). Eksempler og casestudier som går på gode løsninger i samfunn som klarer å håndtere ekstremvær over forskjellige tidsskalaer begynner å komme fram. Gjennom å publisere aspekter av norske erfaringer i denne CIENS-rapporten kan videre kunnskap bygges og handlingsalternativer avdekkes med et mål om å produsere forskning som kan tjene mennesker.

Litteratur

EIU (2010), *Democracy index 2010: Democracy in retreat*. EIU (Economist Intelligence Unit), London.

FEMA (1998), *Protecting Business Operations: Second Report on Costs and Benefits of Natural Hazard Mitigation*. FEMA (Federal Emergency Management Agency), Washington, DC.

Flannigan, M.D., Bergeron, Y., Engelmark, O. og Wotton, B.M. (1998), Future Wildfire in Circumboreal Forests in Relation to Global Warming. *Journal of Vegetation Science*, Vol. 9 No. 4, s. 469–476.

Glantz, M.H. (Ed). (1997), Using Science Against Famine: Food Security, Famine Early Warning, and El Niño. *Internet Journal of African Studies*, Vol. 1, No. 2: ccb.colorado.edu/ijas/ijasno2/ijasno2.html

Hanssen-Bauer, I., Drange, H., Førland, E.J., Roald, L.A., Børsheim, K.Y., Hisdal, H., Lawrence, D., Nesje, A., Sandven, S., Sorteberg, A., Sundby, S., Vasskog, V. og Ådlandsvik, B. (2009), *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*. Norsk klimasenter, Oslo. www.nou-klimatilpassing.no/enkel.aspx?m=57528

IPCC (2007), *IPCC Fourth Assessment Report (AR4)*. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Geneva.

Kelman, I. (ed.) (2011a), *Municipalities Addressing Climate Change: A Case Study of Norway*. Nova Publishers, New York.

Kelman, I. (ed.) (2011b), Municipalities Addressing Climate Change: A Case Study of Norway. Special issue of *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, vol. 3, no. 4, forestående.

Lewis, J. (1999), *Development in Disaster-prone Places: Studies of Vulnerability*. Intermediate Technology Publications, London.

SCCG (2008), *Coastal councils and planning for climate change: An assessment of Australian and NSW legislation and government policy provisions relating to climate change relevant to regional and metropolitan coastal councils*. SCCG (Sydney Coastal Councils Group), Sydney.

TI (2010), *Corruption Perceptions Index 2010*. TI (Transparency International), Berlin.

UNDP (2010), *Human Development Report 2010–20th Anniversary Edition. The Real Wealth of Nations: Pathways to Human Development*. UNDP (United Nations Development Programme), New York, NY.

Vevatne, J. og Westskog, H. 2007. *Tilpasninger til klimaendringer i Oslovegen*. CIENS-rapport 1–2007. CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn, Oslo, Norway.

Wisner, B., Gaillard, J.C. og Kelman, I. (2012), *Routledge Handbook of Hazards and Disaster Risk Reduction*, Routledge, London.

2 Norges klima i dag og i framtiden

Trude Rauken, CICERO Senter for klimaforskning (trude.rauken@cicero.uio.no)

Nøkkelpunkter

- Norges klima preges sterkt av Vestavindsbeltet og Golfstrømmen.
- Norge har et klima som er varmere enn andre områder på samme breddegrader.
- Små endringer i vindsystemene og havstrømmene kan gi store utslag på Norges klima.
- Så langt har det både blitt varmere og våtere i Norge når vi sammenligner med normalperioden, 1961–1990.
- Mye tyder på at også i framtiden vil vi få høyere temperaturer og mer nedbør, spesielt om vinteren.
- Stigende temperaturer og økt nedbør vil også bidra til at vi i Norge får mer av det vi i dag ser på som ekstremvær.

For å kunne si noe om hvordan vi best kan tilpasse oss klima, er det nødvendig å vite noe om hvilket klima vi befinner oss i og hva vi kan forvente av klimaet i framtiden. I forbindelse med NOU 2010:10 «Tilpassing til eit klima i endring – Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane» utarbeidet forskere en bakgrunnsrapport, «Klima i Norge 2100», som tok for seg det norske klimaet og hva slags klima vi kan forvente oss av framtiden (Hanssen-Bauer m.fl., 2009). Tall presentert her, er i stor grad hentet fra denne rapporten.

2.1 Hva bidrar til at vi har det klimaet vi har?

Det klimaet vi har i Norge regnes som relativt varmt når man sammenligner oss med områder på samme breddegrader. Dette skyldes i hovedsak to ting: atmosfæresirkulasjonen og Golfstrømmen. Små endringer i disse kan ha store konsekvenser for Norge (Hanssen-Bauer m.fl. 2009).

Norge befinner seg i en sone som domineres av vestlige vindsystemer og på grunn av fjellkjeden som deler Norge på langs, Langfjella, regner det mer på Vestlandet enn på Østlandet. Vindsystemet kalles *Vestavindsbeltet* og oppstår som et resultat av varme luftstrømmer nordover fra subtropiske strøk som setter kursen østover rundt 30 °N (Meteorologisk institutt, 2009b). Dersom vinder fra sørvest dominerer værbildet er det lite nedbør i øst og mye i vest. En mer sørøstlig vindretning gir betydelig nedbør på Østlandet mens Vestlandet får mindre. Dermed kan en liten endring i vindretningen gi oss et sterkt endret nedbørsmønster i Norge (Hanssen-Bauer m.fl., 2009).

Videre er den Nordatlantiske Oscillasjonen (NAO) viktig for Norges klima. NAO er et klimatisk fenomen som oppstår som et resultat av høytrykket over Azorene og lavtrykket over Island. NAO indeksen viser oss forskjellen mellom trykkene og er således nyttig når vi skal se på hvordan luftstrømmen påvirker Norge. Ved en høy NAO indeks, det vil si at begge trykkene er sterke, får vi en mild og fuktig værtype innover Norge, og visa versa (Hanssen-Bauer m.fl., 2009).

Men Golfstrømmen er også viktig. Store mengder varmt saltvann fra tropene transporteres nordover av Golfstrømmen og dens forlengelse, Atlanterhavsstrømmen. Dette vannet er viktig for marine økosystemer og sørger også for at norskekysten og store deler av

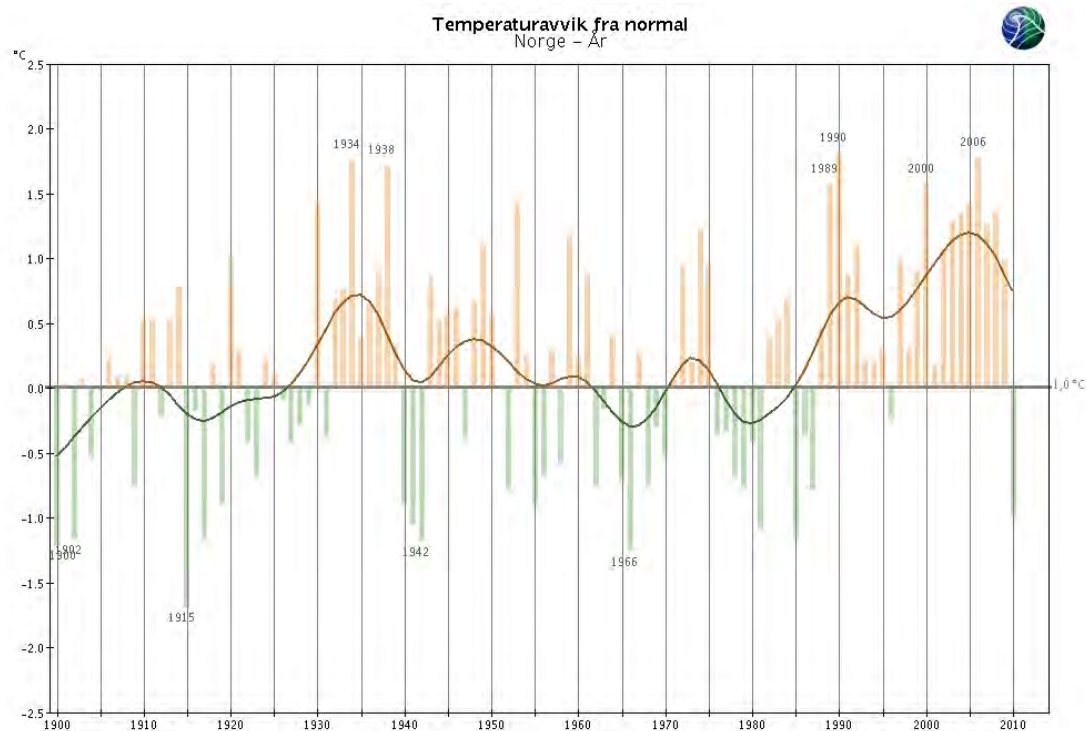
Barentshavet er isfritt om vinteren (Hanssen-Bauer m.fl., 2009). Siden de nordiske havene er lokalisert der det varme salte vannet fra sør møter det kalde ferske vannet fra nord så kan små endringer i vannfordelingen gi store utslag. Havstrømmene og atmosfæresirkulasjonen bidrar sammen til at kystnære områder i Norge har en gjennomsnittstemperatur som er 10–20 °C høyere enn andre områder på samme breddegrad (Hanssen-Bauer m.fl., 2010).

Mens Vestlandet har et maritimt klima har Østlandet og deler av Nord-Norge et tørrere kontinentalt klima. Her er variasjonene mellom sommer og vinter større enn på Vestlandet og det er mindre nedbør i løpet av et år.

Sett under ett har Norge en gjennomsnittstemperatur på 1°C, men det er stor intern variasjon og går mellom 6°C på Vestlandet til -4°C i høyfjellet. Videre er det steder i innlandet som får mindre enn 300 mm nedbør i året mens steder på Vestlandet har mer enn 5000 mm nedbør i løpet av et år. Dermed er det vanskelig å behandle Norge under ett hva gjelder klima og klimaendringer (Hanssen-Bauer m.fl., 2009).

2.2 Klimaendringer så langt

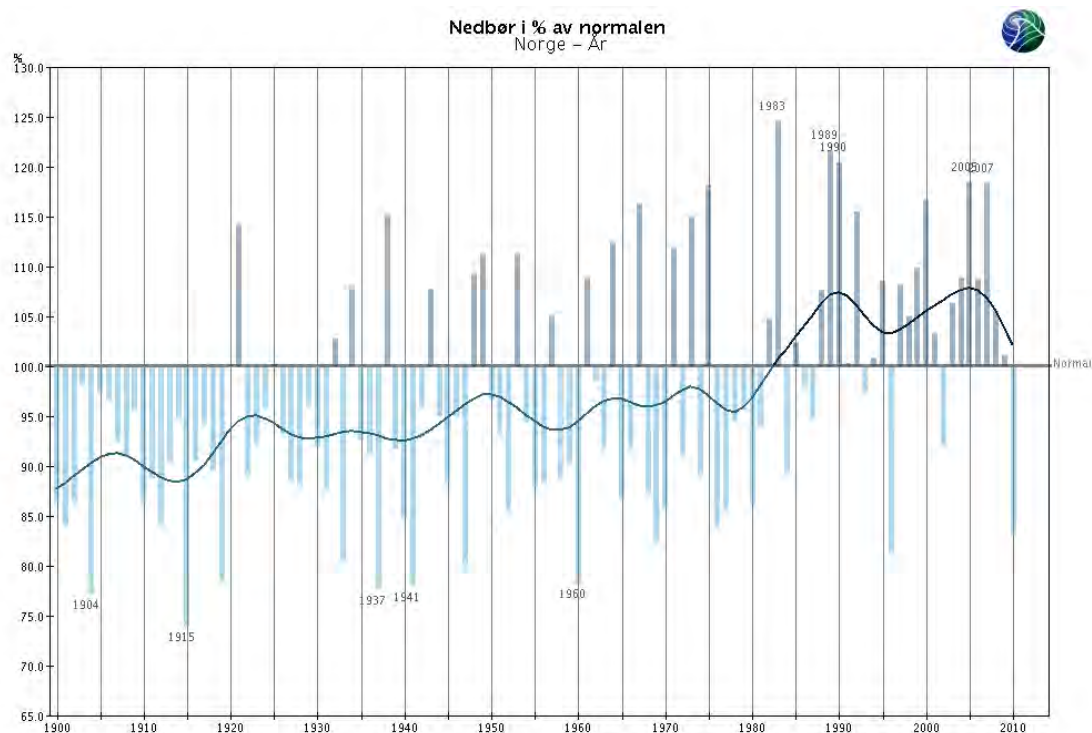
Til tross for både årlig variasjon og variasjon fra ett tiår til det neste når det gjelder temperatur, nedbør og isdekke ser vi at det er noen trender som utpeker seg. Disse trendene er resultater av naturlig variasjon og menneskelig aktivitet. Hvis vi sammenligner perioden 1978–2008 med normalperioden, 1961–1990 så har gjennomsnittstemperaturen i Norge økt med 0,5-0,6 °C for Fastlands-Norge, vekstsesongen har blitt lengre i mange deler av landet, og over hele landet har nedbørsmengden økt (Hanssen-Bauer m.fl., 2009). I figur 2.1 ser vi hvordan temperaturen har variert i hele Norge siden begynnelsen av forrige århundre, og det blir klart at det har vært varmere i slutten av perioden.



Figur 2.1. Temperaturavvik i Norge fra normalperioden 1961–1990.

Kilde: Meteorologisk institutt (met.no/Klima/Klimautvikling/Klima_siste_150_ar/Hele_landet/)

Når det gjelder nedbør så ser vi at det er store variasjoner fra ett år til det neste, men hvis man ser perioden 1900–2008 under ett så har det i denne perioden vært en økning på nesten 20 % for Fastlands-Norge og. Denne økningen er spesielt tydelig de siste 20 årene (se figur 2). Tendensen er sterkest om vinteren hvor økningen har vært på 24 %.



Figur 2.2. Nedbør i % av normalen fra 1900 til 2010.

Kilde: Meteorologisk institutt (met.no/Klima/Klimautvikling/Klima_siste_150_ar/Hele_landet/)

2.3 Klimaendringer i framtiden

Når vi ser på hvordan klimaet eventuelt kommer til å utvikle seg i framtiden er det viktig å huske på at de tallene vi kommer fram til er basert på klimamodeller. Disse modellene er ikke et sikkert bilde på framtiden siden vi ikke vet hva slags utslipp av drivhusgasser framtiden vil bringe. Dermed er ikke modellene komplette, og vi får usikre prognoser. De forskjellige modellene bruker forskjellige utslippstall og får dermed ulike resultater. Til tross for usikkerhet og forskjellige modeller er det mulig å si noe om tendenser.

Mye tyder på at det vil bli varmere og våtere også i framtiden. Når det gjelder temperatur sier framskrivningene at vi får en økning i gjennomsnittstemperaturen i Norge på mellom 2,3 og 4,6 °C innen utgangen av dette århundre. Videre viser beregningene at den største økningen vil skje om vinteren.

Den økte temperaturen vil gi oss en lengre vekstsesong enn den vi har i dag. Innen 2050 er det sannsynlig at vekstsesongen vil ha økt med en måned i forhold til normalperioden over mesteparten av landet. Ved slutten av dette århundret ligger beregningene på 1,5 til 3 måneder i forhold til normalperioden.

Samtidig vil det bli mer nedbør. Det forventes at nedbøren øker med 5–30 % før 2100. Det vil være merkbare økninger før 2050 (Benestad 2008). Det store spennet i beregningene skyldes forskjellige modelleringsteknikker, som nevnt tidligere. Akkurat som med temperaturøkning vil ikke nedbørsøkningen skje jevnt over alle årstider.

Framskrivningene peker mot at vinteren vil få mest økning i nedbør, akkurat som at temperaturene ser ut til å komme til å øke mest om vinteren. Vinternedbøren ser ut til å øke mest i Sør-Norge hvor økningen kan bli opptil 40 % innen slutten av århundret. På Øst- og Sørlandet ser det også ut til at sommersesongen vil få en nedgang i nedbøren.

Det er vanskelig å si noe sikkert om hvordan avrenning påvirkes av klimaendringer, og modellene som blir brukt for å beregne dette har mye usikkerhet i seg (Engen-Skaugen m.fl., 2008). Men hvis vi ser på årlig avrenning for hele landet sier framskrivningene at det vil bli en økning.

Hvis vi ser på vinteren alene så er det nærliggende å tenke at endringer i temperatur og nedbør kan endre avrenningsmønstre. Når temperaturen går opp er det forventet at snøsesongen blir kortere, opptil 2–3 måneder kortere i lavlandet ved slutten av dette århundret. Samtidig forventer vi at vinternedbøren øker. Kombinasjonen av økt temperatur og økt nedbør blir mer nedbør om vinteren som kommer som regn, og dermed vil avrenningen om vinteren etter all sannsynlighet øke.

Når temperatur og nedbør går opp forventer vi også at både frekvens og styrke på ekstremvær endres. Innen 2050 vil det være flere dager med gjennomsnittstemperatur på over 20 °C på steder hvor dette allerede er tilfelle. Rundt Oslofjorden er det mulig at dette vil skje opptil 20 dager i året. I tillegg vil det også bli flere områder som opplever tropenetter jevnlig. Også antall tilfeller med ekstremnedbør vil øke samtidig som intensiteten på disse vil bli sterkere.

Kort oppsummert vil klimaendringene føre til mer av alt, og dette må vi ta høyde for når vi skal ivareta verdier i samfunnet og befolkningens sikkerhet. Hvilke utfordringer klimaendringene fører med seg for forskjellige sektorer kan du lese om i kapitlene som følger.

Litteratur

Benestad, R. (2008), *Downscaled regional Norwegian temperature and precipitation series*. Analysis for Statnett and CES. met.no report 7/2008.

Engen-Skaugen, T., Benestad, R. og Førland, E. J. (2008), *Empirically downscaled precipitation and temperature up to year 2050 for twenty-five Norwegian catchments*. met.no report 23 a/2008.

Hanssen-Bauer, I., Drange, H., Førland, E.J., Roald, L.A., Børsheim, K.Y., Hisdal, H., Lawrence, D., Nesje, A., Sandven, S., Sorteberg, A., Sundby, S., Vasskog, V. og Ådlandsvik, B. (2009), *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*. Norsk klimasenter, Oslo. www.nou-klimatilpassing.no/enkel.aspx?m=57528

Meteorologisk institutt (2009), Vestavindsbeltet. metlex.met.no/wiki/Vestavindsbeltet

NOU2010:10 (2010), *Tilpassing til eit klima i endring – Samfunnet si sårbarheit til og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane*. Oslo: Servicesenteret for departementa, Informasjonsforvaltning.

3 Formidling av klimatilpasning

Petter Haugneland, CICERO Senter for klimaforskning
(petter.haugneland@cicero.uio.no)

Nøkkelpunkter

- Prosjektet har hatt en relativt smal målgruppe som inkluderer kommuneansatte og andre som jobber med klimatilpasning i Norge.
- Formidlingen har i hovedsak foregått via nettstedet www.klimakommune.no med publisering av om lag 70 faktaark om klimatilpasning.
- Prosjektet har fått mange nyttige tilbakemeldinger underveis fra en utvalgt brukergruppe og formidlingen har blitt justert etter ønsker fra brukerne.
- Brukergrupper bør involveres så tidlig som mulig, gjerne allerede i søknadsprosessen for å få vite hvilke behov de har og i hvilken form de foretrekker informasjon om temaet som blir studert. Dialogen med brukergruppen bør være tett underveis.
- Forskningsresultater kan brukes som grunnlag for utforming av politikk i samarbeid med brukergrupper.
- En kommunikasjonsplan med definisjon av målgrupper og passende formidlingsaktiviteter bør utarbeides allerede i søknadsprosessen.

The screenshot shows the website 'KLIMATILPASNING I NORSKE KOMMUNER'. At the top, there is a navigation bar with tabs for 'OM PROSJEKTET', 'TILPASNINGSSTRATEGIER', 'DRIKKEVANN', 'KULTURARV', 'NATURLILJØ', and 'ENGLISH'. A search bar is on the right. The main content area is divided into several sections:

- TILPASNING TIL EKSTREMVÆR I NORSKE KOMMUNER:** A large section with a background image of colorful houses by a river. It contains text about the project's focus on climate change adaptation in municipalities, mentioning partners like NIVA, NILU, NIKU, Bioforsk, NINA, NIBR, and CICERO. It also states the project's goal to create an information base for municipalities.
- TILPASNINGSSTRATEGIER:** A section discussing current climate change management and barriers, with the goal of providing a knowledge base for municipal management.
- DRIKKEVANN OG KLIMAENDRINGER:** A section discussing climate change impacts like increased annual temperature and more frequent heavy rain, and the need for adaptation in the water supply sector.
- SISTE ARTIKLER:** A sidebar with a list of recent articles, including 'NORSKE ORDFØRERE OM KLIMAENDRINGER' and 'HVORDAN BESKYTTE KULTURMINNER MOT KLIMAENDRINGER'.

KLIMAKOMMUNE. På nettstedet www.klimakommune.no finnes om lag 70 faktaark med konkrete råd om hvordan norske kommuner kan tilpasse seg klimaendringer på områdene drikkevann, kulturarv og naturmiljø.

Dette prosjektet har siden oppstarten i 2006 formidlet praktiske råd om tilpasning til klimaendringer i norske kommuner gjennom nettstedet www.klimakommune.no. Om lag

70 faktaark gir råd og veiledning innenfor temaområdene tilpasningsstrategier, drikkevann, kulturarv og naturmiljø. Utvalgte artikler på nettstedet har også blitt videreformidlet gjennom Regjeringens portal www.klimatilpasning.no. Formidlingen fra prosjektet har blitt utført i nært samarbeid med en utvalgt brukergruppe fra relevante forvaltningsorganer.

3.1 Målsetting

Hovedmålsettingen ved prosjektet har vært å forske på kommuners kapasitet til å håndtere ekstremvær, samt å gi praktiske råd til kommunene i deres arbeid med å håndtere ekstremvær og tilpasse seg klimaendringer. Prosjektet har særlig fokus på drikkevann, kulturminner og flomforebygging, men vil også kunne hjelpe kommunene med andre utfordringer som kan bli forårsaket av ekstremvær. Prosjektet har lagt vekt på å kartlegge kunnskapsbehovet i norske kommuner samt hvilke barrierer som finnes for at kommuner skal tilpasse seg klimaendringer og ekstremvær.

En viktig målsetting har vært å etablere god kommunikasjon mellom forskerne i prosjektet og forvaltere. Dette har blitt ivaretatt ved å ha jevnlig brukergruppemøter mellom forskerne og personer som representerer ulike brukergrupper fra Miljøverndepartementet, Fylkesmannen i Buskerud, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Fylkesmannen i Oslo og Akershus, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) og Vannområdet Morsa. Vi ønsket å ha sentrale aktører fra de ulike delene av forvaltningsapparatet representert i dette arbeidet. Utvalget ble også gjort på bakgrunn av medlemmenes kunnskap om tilpasningsproblematikk.

Sluttmålet har vært å lage en manual som kan brukes til praktisk håndtering av utfordringer knyttet til klimaendringer. Denne manualen har blitt publisert på nettstedet www.klimakommune.no i form av enkeltstående, søkbare faktaark som har blitt løpende oppdatert gjennom hele prosjektperioden. Nettstedet har blitt inndelt i fokusområdene drikkevann, kulturminner og flomforebygging i tillegg til et mer overordnet temaområde om de strategiske utfordringene knyttet til klimatilpasning i norske kommuner.

3.2 Formidling i prosjektet

I begynnelsen av prosjektperioden ble det utviklet en enkel kommunikasjonsplan hvor man hadde hovedfokus på nettstedet www.klimakommune.no og hvordan man kunne nå ut til målgruppen for prosjektet. Denne målgruppen har vært forholdsvis snever med kommuneansatte og andre som jobber med klimatilpasning. Nettstedet ble lansert på et møte i Klimaforum 17. november 2008. I etterkant av at nettsiden ble lansert, sendte vi ut et brev til alle kommunene i Norge om nettstedet og noen eksempler på artikler som finnes på www.klimakommune.no.

Med en snever målgruppe har det ikke vært forventet høye besøkstall på nettstedet. Siden lanseringen i november 2008 har det i gjennomsnitt vært om lag 4.500 besøk per år. Hver besøkende har i gjennomsnitt sett på to artikler. Dette gir en total på drøyt 13.000 besøk og 26.000 sidevisninger siden lanseringen. Den geografiske fordelingen på besøkende er jevnt fordelt i hele Norge, men med en hovedvekt i Oslo-området. Sidene som er besøkt fordeler seg ganske jevnt på tema, med seksjonene kulturarv og tilpasningsstrategier på topp. Totalt er det publisert om lag 70 ulike artikler på nettstedet. I tillegg til å publisere veiledninger på prosjektets nettside, har vi vært fast innholdsleverandør til den nasjonale klimatilpasningsportalen www.klimatilpasning.no driftet av DSB. Her har vi levert et utvalg artikler til klimatilpasningsportalen basert på innhold fra eget nettsted.

Foruten besøksstatistikk fra nettstedet, har vi ikke hatt mulighet til å måle effekten av kommunikasjonstiltakene i prosjektet mer konkret. Men vi har hatt nyttige møter med prosjektpartnerne og brukergruppen underveis i prosjektet. For eksempel har det vært tilbakemeldinger på at prosjektet ikke tar for seg temaet vann og avløp som er et viktig fagområde for norske kommuner i forhold til klimaendringer. Dette er tematikk som har blitt utdypet videre av prosjektpartnerne blant annet NIVA.

Et generelt problem i forskningsformidling er at det ofte ikke er samsvar mellom forskernes fagområder og brukernes behov. Det er også begrensninger på hva forskere kan bidra med av detaljert og sikker kunnskap som er forventet av brukerne. Vi har i prosjektet jobbet aktivt med å involvere brukerne underveis og har kunnet justere noe av forskningsaktiviteten og formidlingen etter tilbakemeldinger fra brukerne blant annet ved valg av casekommuner og form på formidling. Etter at prosjektsøknader er innvilget er det ofte begrenset hvor mye man kan endre på innholdet i et prosjekt. I dette prosjektet har det for eksempel ikke vært mulig å inkludere temaet vann og avløp slik det var ønsket fra brukergruppen. En viktig læring er at man må involvere brukerne så tidlig som mulig, gjerne allerede i søknadsprosessen. Dette fordrer imidlertid at brukere har god oversikt over egne behov for forskningsbasert kunnskap og hva som er mulig å få fra forskningen. Ved oppstarten av dette prosjektet i 2006 var det lite kunnskap om tilpasningsproblematikk innenfor mange aktuelle brukergrupper. Det er også svært viktig å planlegge formidlingsaktiviteten før prosjektstart for å definere målgrupper og passende kommunikasjonstiltak. Både kontakt med brukerne og fokus på formidling er noe dette prosjektet har lyktes relativt godt med, selv om det kunne ha vært jobbet mer med dette i en enda tidligere fase av prosjektet.

3.3 Effektiv formidling

Prosjektet har ikke hatt ressurser til å ha stor grad av direkte kontakt med sine målgrupper. Det har blitt gjennomført to spørreundersøkelser innenfor prosjektet om kommunenes håndtering av klimaendringer. Det kunne vært nyttig å ha noen spørsmål på disse spørreundersøkelsene om hvilke temaer kommunene ser for seg er viktigst og hvilken form de ønsker seg informasjon om saksfeltet. Dette kunne senere blitt brukt til å målrette kommunikasjonsaktivitetene etter brukernes behov. Vi kunne også hatt regionale møter med brukergruppene for å få en mer dialogbasert kommunikasjon mellom forskerne og brukerne.

Selv om dette prosjektet har kommet et stykke på vei med en dialogbasert kommunikasjon, er det fortsatt mulighet for forbedring. Med ressursene vi har hatt til rådighet har vi valgt en brukergruppe som representerer ulike målgrupper. Men det ideelle hadde kanskje vært å ha flere regionale møter siden klimaendringer kan ha store lokale og regionale forskjeller på hvilke utfordringer som er viktigst. I tillegg er det stor forskjell på store og små kommuner og hvor mye ressurser de har til å jobbe med klimautfordringene.

Forskning tyder på at personlig kontakt og direkte tilbakemeldinger har en mye større effekt på endring av holdninger og atferd, enn for eksempel en nettside eller en brosjyre. Brukerne er mye mer oppmerksom på budskapet med personlig dialog og responderer også bedre på tilbakemeldinger på egen atferd. Ved personlig dialog har brukerne mulighet til å komme med umiddelbare tilbakemeldinger og dette gir større rom for refleksjoner på egne handlinger. Innenfor kommunikasjonsfaget ser mange teoretikere på gjensidig avhengig dialog som den mest effektive formen for kommunikasjon. Historisk har man beveget seg fra propagandamodellen hvor sannheten i budskapet har vært underordnet effekten, til den ensidige informasjonsmodellen hvor man har forsøkt å spre sannferdig informasjon til flest mulig uten å bry som om tilbakemeldinger eller vite så mye om

målgruppen. I de siste årene har man gjerne gjort et forarbeid for å undersøke målgruppene og tilpasse kommunikasjonen til disse. Men kommunikasjonen er fortsatt ikke dialogbasert med et gjensidig avhengig forhold slik som teoretikere som James E. Grunig mener vi må bevege oss mot.

I prosjektet har jevnlig brukergруппemøter resultert i nyttige tilbakemeldinger fra de utvalgte brukerne. Selv om brukerne i begrenset grad har kunnet påvirke hvilke temaområder som blir studert, har de kommet med mange andre innspill underveis som har blitt tatt hensyn til. Dette har vært å gi forskerne innblikk i hvordan ulike kommuner administreres i praksis og hvilken form de ønsker informasjon på. For eksempel er vitenskapelige artikler på engelsk lite egnet som redskap i norske kommuner. Derfor har prosjektet laget sammendrag på norsk av alle forskningsresultater som blant annet er publisert i denne rapporten. Videre har valg av casekommuner for studier av tilpasningsstrategier i stor grad blitt gjort i samarbeid med brukeraktørene.

Siden vi har hatt en relativt snever målgruppe for prosjektet, har det ikke vært stor fokus på å få medieoppslag utenom enkelte artikler og kronikker som er sendt inn til lokalaviser og Kommunal Rapport. Men i et større og mer overordnet prosjekt kunne det vært fornuftig å informere det generelle publikum om viktigheten av å ha fokus på tilpasning til klimaendringer. Man kunne for eksempel gjort dette i forkant av kommunevalg for å øke fokuset på temaet. Eller fått temaet inn i folkevalgtopplæringen til nye kommunestyrer. Men generell informasjon til en generell målgruppe har liten effekt på endring av holdninger og enda mindre på handlingsendringer. Det er viktigere å spisse budskap til målgrupper så mye som mulig for å engasjere disse til å forholde seg til budskapet man ønsker å nå fram med. I så måte ville informasjon om konsekvenser av klimaendringer og tilpasning i lokalmiljøet ha en større effekt enn mer abstrakte temaer eller om konsekvenser på den andre siden av kloden.

Arbeidet med klimatilpasning i Norge er svært fragmentert. Dette bærer også formidlingen av fagfeltet preg av. Det er en rekke aktører involvert, både fra forskning, forvaltning og andre. Brukerne har en rekke nettsted og publikasjoner å forholde seg til, og det kan være vanskelig å navigere seg i denne jungelen. Regjeringens opprettelse av nettstedet www.klimatilpasning.no i 2009 er et forsøk på å samle all tilgjengelig informasjon om temaet på ett sted. Dette prosjektet har vært en av bidragsyterne til innhold på denne portalen. Dette er en god modell hvor man kan få en mer langvarig, koordinert og kostnads-effektiv formidling fra en rekke små og store forskningsprosjekter på temaet i stedet for at alle lager sine egne nettsider. Vi anbefaler eksisterende og framtidige forskningsprosjekter om klimatilpasning til å samarbeide med denne portalen i formidling av resultater fra sitt prosjekt. På denne måten kan man bruke ressursene på brukertilpasning av innhold i stedet for opprettelse og drifting av eget nettsted.

Prosjektet har til dels lyktes med å involvere brukergrupper i en tidlig fase og lage en formidlingsplan basert på brukernes behov. Om lag 70 korte artikler med praktiske råd for klimatilpasning har blitt publisert på www.klimakommune.no og et utvalg av disse har blitt videreformidlet til den nasjonale portalen www.klimatilpasning.no.

Litteratur

- www.klimakommune.no – Prosjektets nettsted med om lag 70 faktaark med praktiske råd til hvordan norske kommuner kan tilpasse seg klimaendringer på visse fagområder.
- www.klimatilpasning.no – Regjeringens portal for klimatilpasning med en rekke bidragsytere.

4 Klimaendringer og avrenning fra jordbruksdominerte nedbørsfelter i Norge

Johannes Deelstra, Bioforsk Jord og miljø (Johannes.Deelstra@bioforsk.no)

Lillian Øygarden, Bioforsk Jord og miljø (Lillian.Oygarden@bioforsk.no)

Anne-Grete Buseth Blankenberg, Bioforsk Jord og miljø
(Anne-Grete.Buseth.Blankenberg@bioforsk.no)

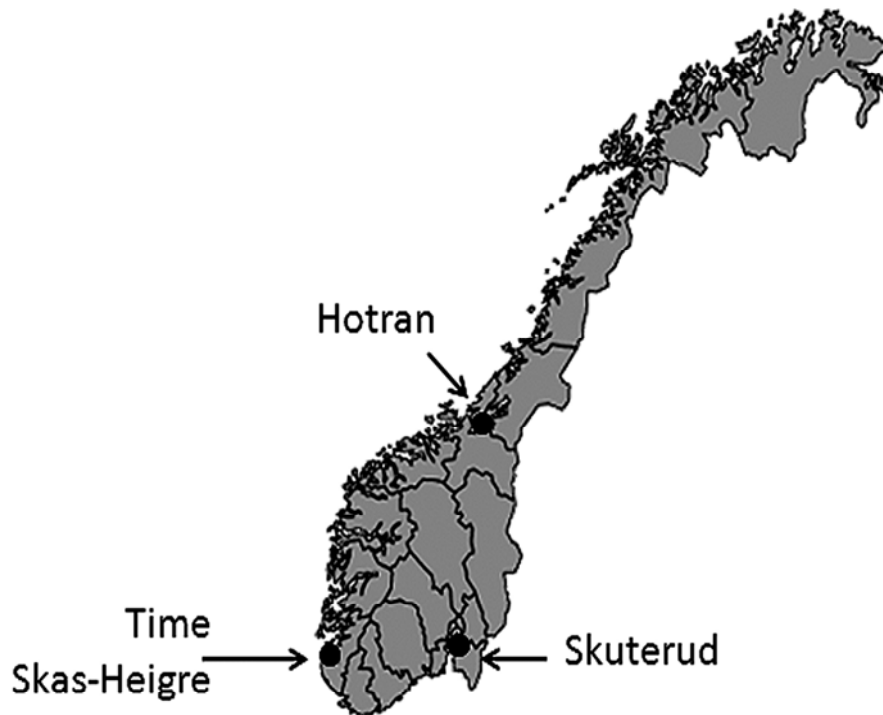
Hans Olav Eggestad, Bioforsk Jord og miljø (Hans.Olav.Eggestad@bioforsk.no)

Nøkkelpunkter

- Klimaendringer medfører en økning i nedbør og påfølgende økning i årsavrenningen og ved uendrede driftsforhold gir dette en økning i erosjon og tap av næringsstoffer.
- En økning i temperatur vil føre til flere fryse- og tineperioder som, kombinert med snøsmelting eller nedbør kan føre til ekstrem avrenning, erosjon og tap av næringsstoffer.
- Den forventede økningen i nedbørsmengde og nedbørepisoder med høy intensitet fører til økte krav når det gjelder dimensjoneringen av hydrotekniske tiltak.
- Den varslede økningen i nedbør om høsten kan særlig på Østlandet og i Trøndelag føre til problemer med innhøstingen av kornvekster, jordarbeiding og såing av høstvekster.
- Klimaendringer stiller nye krav til dimensjoneringen av hydrotekniske anlegg, som inntakskummer og grøftesystemer, i jordbruksfelter.

4.1 Hva vet vi om avrenningen fra landbruket?

Spørsmålet som vi har prøvd å få svar på er hva som kan bli effekter av de forventede klimaendringer på avrenningen, erosjon og tap av næringsstoffer fra landbruket. For å få innsikt i dette ble 4 nedbørsfelter valgt ut for nærmere studier. De utvalgte feltene er Skuterud, Time, Skas-Heigre og Hotran som representerer forskjellige jordbrukspraksis, jordtyper og klimatiske forhold. Feltene er en del av JOVA programmet (Jord og vannovervåking i landbruket) som er et nasjonalt overvåkingsprogram med formål å dokumentere effekter av jordbrukspraksis på avrenning og vannkvalitet (se figur 4.1).



Figur 4.1. Lokalisering av utvalgte nedbørsfelter for studier av effekter av klimaendringer.

Skuterudfeltet er representativt for korndyrkingsområdene på Østlandet. Time og Skas-Heigre ligger på Sør-Vestlandet og representerer områder med intensivt husdyrhold og grasproduksjon. Hotran er lokalisert i Midt-Norge og representerer et område med intensivt jordbruk med kornproduksjon og husdyrhold. De viktigste karakteristikker for de forskjellige felt er presentert i Tabell 4.1. Jordbruksarealene i feltene er grøftet med en grøfteavstand som varierer fra 8-10 meter og en grøftedybde som vanligvis er 0,8-1,0 meter. Det meste av norske jordbruksareal er grøftet, noe som er nødvendig for å garantere gode forhold under vekstsesongen samt muliggjøre tidlig jordarbeiding om våren og etter vekstsesongen om høsten.

Vannføringen i feltene blir målt automatisk i et fast måleprofil ved hjelp av en datalogger og trykksensor. Det tas volumproporsjonale blandprøver som blir analysert hver 14. dag for blant annet suspendert stoff (partikler), total nitrogen og fosfor. På bakgrunn av målt vannføring og vannanalyser blir næringsstofftap og erosjon beregnet.

Målinger i overvåkingsperioden viser at for de 4 felt er den gjennomsnittlige årsnedbør betydelig høyere enn nedbøren for normal perioden (1961 – 1990, tabell 4.1). Også den gjennomsnittlige årstemperatur for måleperioden er høyere enn for normal perioden. Den største gjennomsnittlige årsavrenningen ble målt i Hotran feltet mens Skuterud hadde den laveste årsavrenning. Det er målt store variasjoner i årsnedbør for hvert enkelt felt som igjen har ført til en stor variasjon i årsavrenningen. Når det gjelder tap av suspendert stoff så skiller feltene på Vestlandet seg klart ut fra Skuterud og Hotran ved at de har et betydelige lavere nivå på erosjonstap. Hovedårsaken er driftsformen som hovedsakelig er eng med bruk av husdyrgjødsel, i motsetning til korn i Skuterud og Hotran. Kornproduksjon med jordarbeiding og redusert plantedekke etter vekstsesongen har større erosjonsrisiko høst og vinter. Det er ikke store forskjeller i nitrogen - og fosfortap, men felter med eng på Vestlandet har generelt et lavere fosfor tap enn kornfeltene, noe som må ses i sammenhengen med jordtapene.

Tabell 4.1. Nedbørsfelt karakteristikk

	Skuterud	Hotran	Skas-Heigre	Time
Areal (km ²)	4,5	20	28	1,0
Normal årstemperatur (°C) ¹	5,3	5,0	7,4	7,1
Normal årsnedbør (mm) ¹	785	900	1180	1280
Dominerende vekster	korn/eng	korn/eng	eng/korn	eng
Dominerende jordtype	siltig mellomleire	siltig mellomleire	morene	morene
Husdyrtall (ha ⁻¹)	0,21	1,32	1,90	2,77
N/P ² (kunst-/husdyrgjødsel, kg ha ⁻¹)	156/24	210/34 ³	260/34 ³	332/45
Måleperiode	1994 – 2010	1993 – 2010	1995 – 2010	1995–2010
Temperatur (°C)	6,3 (7,2/4,7) ⁴	5,2 (6,4/3,6)	8,4 (9,2/6,9)	7,9 (8,6/6,5)
Nedbør (mm)	883 (1305/651) ⁵	984 (1234/473)	1343 (2134/896)	1311 (1585/932)
Avrenning (mm)	544 (1042/222) ⁵	740 (1328/227)	701 (1033/394)	814 (1082/483)
Erosjon (kg ha ⁻¹)	701 (1842/176) ⁵	1619 (3669/59)	95 (141/31)	101 (149/51)
Nitrogen tap (kg ha ⁻¹)	31 (46/13) ⁵	33 (67/8)	35 (54/19)	47 (69/26)
Fosfor tap (kg ha ⁻¹)	1,3 (3,5/0,3) ⁵	2,4 (4,7/0,5)	1,0 (2,0/0,6)	1,2 (1,6/0,7)

¹ – for perioden 1961 – 1990; ² – nitrogen/fosfor; ³ – fra SSB; ⁴ – gjennomsnittlig (maksimum/minimum) årstemperatur; ⁵ –gjennomsnittlig (maksimum/minimum) årlig nedbør,–avrenning,–erosjon,–nitrogentap–og –fosfortap.

4.2 Hvordan oppfører avrenningen seg i mindre jordbruksdominerte nedbørsfelt

Avrenningen i de fire feltene viser store døgnvariasjoner. For å tallfeste disse døgnvariasjonene ble det i case studiene beregnet noen hydrologiske nøkkeltall, både på bakgrunn av timeverdier for målt vannføring og gjennomsnittlige døgnverdier. Avrenningsmengder og avrenningsintensiteter har stor betydning for transporten og tap av næringsstoffer fra jordbruksarealene. Dersom dette endres ved ekstremvær vil det også påvirke avrenningstapene. Den spesifikke avrenningen viser store forskjeller når den blir beregnet på henholdsvis døgn eller timeverdier (tabell 4.2). En annen måte å få fram døgnvariasjonen i avrenningen er å bruke «flashiness-indeks». Denne indeksen blir beregnet på årsbasis og illustrerer godt dynamikken i avrenningen fra et nedbørsfelt. Jo større flashiness-indeks, jo større variasjon. Mer info om indeksen kan finnes i Baker m.fl. (2008). En sammenligning av avrenningen i norske jordbruksfelt med tilsvarende felt i Estland og Latvia ga store forskjeller i denne indeksen (Deelstra m.fl., 2010). Det ble antydnet at mulige årsaker til disse forskjellene kunne være topografien og jordtyper men særlig grøftesystemet.

Tabell 4.2. Spesifikk avrenning, variasjonskoeffisient og flashiness-indeks beregnet ved bruk av gjennomsnittlige døgnverdier og time verdier for vannføring.

Nedbørsfelt	spesifikk avrenning ¹		Flashiness-indeks	
	dag	time	dag	time
Skuterud	3,1	6,1	0,57	1,83
Hotran	4,7	8,4	0,62	1,85
Time	2,6	5,1	0,49	1,54
Skas-Heigre	1,7	1,8	0,30	0,87

¹ – l s⁻¹ ha⁻¹.

Norske grøftesystemer er dimensjonert med 6-10 meter avstand mellom grøftene mens enn i Latvia og Estland har grøfteavstand på 20-25. Det ble funnet høyere verdier for flashiness indeks i norske jordbruksdominerte nedbørsfelter noe som er med å forklare den store forskjellen i næringsstofftap mellom norske og estiske nedbørsfelt (Deelstra og Ital, 2008). Flashiness indeks kan derfor være egnet til hydrologiske studier av ekstremvær for jordbruksdominerte felt, da hydrologien er styrende for tapene.

4.3 Framtidig temperatur og nedbør

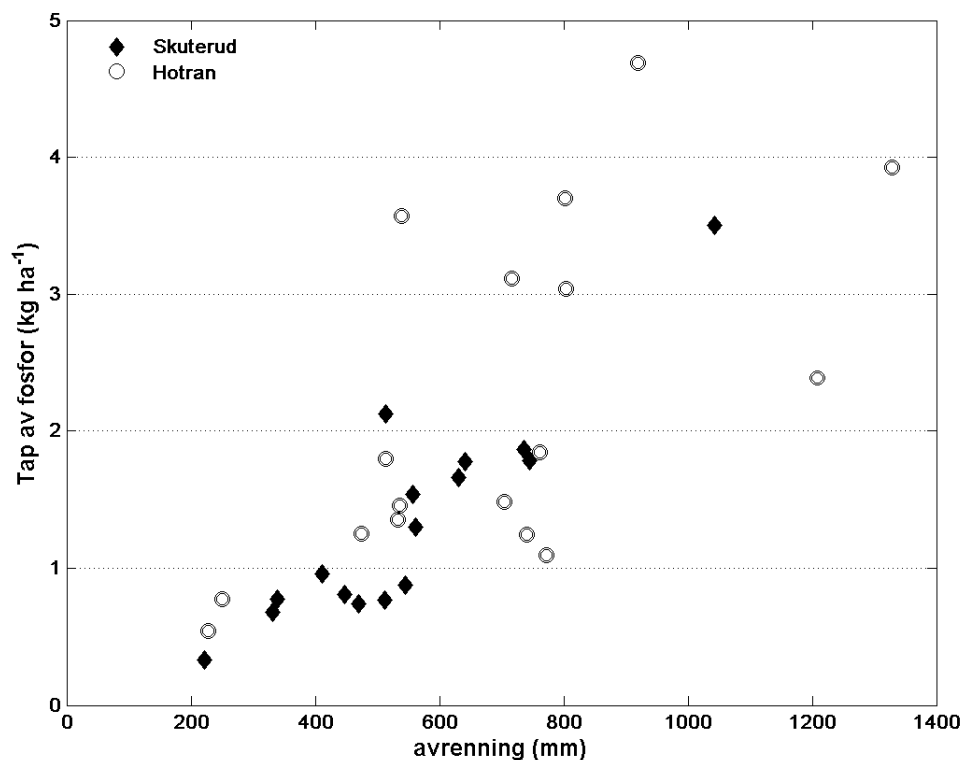
Hansen-Bauer m.fl., (2009) beskriver de potensielle effektene av klimaendringen på temperatur og nedbør for forskjellige områder i Norge. I tabell 4.2 er disse effektene framstilt for de fire utvalgte felt. For alle felter blir det en forventet temperaturøkning i størrelsesorden 3–4 % på årsbasis med den største økningen om vinteren. Årsnedbør er forventet å øke for alle felt. For Skuterud forventes det en nedgang i nedbør om sommeren mens det for Time og Skas-Heigre forventes en liten økning om sommeren. Effekten av denne økningen kan bli borte på grunn av en økning i fordampning som følge av temperaturstigningen. For Hotran forventes en økning i nedbør for alle sesonger.

Tabell 4.3. Økningen i gjennomsnittlig temperatur (ΔT , °C) og relative endring i nedbør (%) for år/sesong for perioden 2071–2100 i forhold til 1961–1990.

Nedbørsfelt	Temperatur					Nedbør				
	år	vinter	vår	sommer	høst	år	vinter	vår	sommer	høst
Skuterud	3,4	4,5	3,2	2,5	3,6	12,2	28,9	14,0	-4,4	15,1
Hotran	3,2	4,1	3,3	1,9	3,4	22,5	18,6	22,6	21,1	28,3
Time/Skas-Heigre	3,1	3,8	3,1	2,3	3,2	18,6	25,1	20,8	0,8	22,4

4.4 Forventede effekter av klimaendringer på avrenning, næringsstofftap og erosjon

Økningen i nedbøren vil kunne føre til en økning i avrenning og en direkte konsekvens av dette kan være en økning i erosjon og tap av næringsstoffer under uendrede vekstforhold. Dette begrunnes med at målinger hittil har vist en god sammenheng mellom årsavrenning, tap av næringsstoffer og erosjon (figur 4.2, eksempel på tap av fosfor og avrenning, Skuterud og Hotran).



Figur 4.2. Årsavrenning og fosfortap for Hotran og Skuterud

Måleresultatene for overvåkingsperioden viser at den største andelen av årsavrenning, næringsstofftap og erosjon skjer etter vekstsesongen i perioden fra september – april. I realiteten viser det seg at i gjennomsnitt for hele måleperioden så har 50 % av den årlige avrenningen skjedd innen 25 - 55 dager og 90 % innenfor 126 - 211 dager. Næringsstoff- og jordtap skjer i løpet av enda færre dager. For kornfeltene Skuterud og Hotran skjer 50 % av fosforavrenningen i løpet av kun 15 dager og 90 % innenfor 89 dager, 50 % av jordtaptet skjer innen 10 - 12 dager og 90 % innen 66 dager. Generelt kan man si at en økning i årsavrenningen fører til en økning i den gjennomsnittlige avrenningsintensitet, man får mer avrenning per døgn og dette gjelder for alle fire feltene. For Skuterud og Time/Skas-Heigre er denne økningen i avrenningen hovedsakelig forventet etter vekstsesongen, noe som betyr en ytterligere økning i avrenningsintensitet (mindre dager tilgjengelig for avrenning). Det betyr igjen at antall dager for å drenere bort 50 til 90 % av avrenningen blir ytterligere redusert. Avrenningsintensiteten øker dermed ytterligere, noe som igjen kan ha konsekvenser for erosjon og næringsstofftap under uendrede driftsforhold. Denne effekten er sannsynligvis fraværende for Hotran siden økningen i nedbør er forventet jevnt fordelt over året.

4.5 Flere nedbørsepisoder med høy intensitet

Det er sannsynlig at mildere vintre fører til flere fryse- og tineperioder (Hanssen-Bauer m.fl., 2009). Slike episoder reduserer jordas aggregatstabilitet samtidig som også jordas infiltrasjonskapasitet blir redusert. Tineperioder og snøsmelting, eventuelt kombinert med nedbør fører i så fall til mer overflateavrenning og erosjon. Det er forventet, som en følge av klimaendringer, at vi vil få flere nedbørsepisoder med høy intensitet. I tillegg forventes det at nedbørintensitet under slike episoder øker (Hanssen-Bauer m.fl., 2009). Det er ukjent når på året disse episodene vil skje. Dersom episodene skjer i sommerhalvåret fører det sannsynligvis ikke til større problemer i form av erosjon og næringsstofftap siden et etablert plantedekke på jordene er med på å forebygge dette. Men forekommer disse episodene etter vekstsesongen, for eksempel om vinteren og i kombinasjon med fryse- og tineepisoder, kan dette føre til store problemer. Øygarden (2003) rapporterer om en slik hendelse som skjedde vinteren 1990 da en kombinasjon av ekstrem nedbør, kombinert med tele i jorda og snøsmelting førte til stor erosjon og mye skade, i form av fure- og grovfuredannelse, på jordbruksjordene. Det er særlig kornfeltene Skuterud og Hotran som er utsatt for slike hendelser. Det er ikke sannsynlig at det vil forekomme i områder representert av Time/Skas-Heigre siden disse er lite utsatt for tilsvarende vinterforhold samtidig som vekstforholdene er forskjellig.

I tillegg til mer avrenning og næringsstofftap kan langvarig nedbør også gi andre problemer, som for eksempel muligheter for jordarbeiding, såing av høstvekster eller innhøstingen av jordbruksvekster. Hydrotekniske anlegg i jordbruket, som inntakskummer og grøftesystemer, er nødvendig for å kunne drive jordbruk. Trenger vi å redusere grøfteavstanden for dermed fortsatt være i stand til å redusere overflateavrenningen? For mye regn kan føre til problemer ved innhøstingen eller såing av jordbruksvekster fordi det ikke blir mulig å kjøre på jordene. Kan vi grøfte oss ut av disse problemer?

Disse eksempler viser at det er behov for tilpasning, nye anbefalinger og målrettet forskning for å kunne takle de utfordringer vi står overfor i framtiden.



KORNTRESKING. Opphold i tresking av kornåkre på grunn av store nedbørmengder i august 2011 (Foto: Anne-Grete Buseth Blankenberg)

Litteratur

- Baker, D.B., Richards, R.P., Timothy, T., Loftus, T.T. og Kramer, J.W. (2004), “A new flashiness index: characteristics and applications to Midwestern rivers and streams”. *Journal of the American Water Resources Association*, Vol. 40, s. 503-522.
- Deelstra, J. og Iital, A. (2008), “The use of the flashiness index as a possible indicator for nutrient loss prediction in agricultural catchments”, *Boreal Environment Research*, Vol. 13, s. 209-221.
- Deelstra, J., Eggestad, H.O., Iital, A., Jansons, V. og Line J. Barkved. (2010), Hydrology of small agricultural catchments in Norway, Latvia and Estonia. *VANN*, Vol. 3, s. 321-331.
- Hanssen-Bauer, I., Drange, H., Førland, E.J., Roald, L.A., Børsheim, K.Y., Hisdal, H., Lawrence, D., Nesje, A., Sandven, S., Sorteberg, A., Sundby, S., Vasskog, V. og Ådlandsvik, B. (2009), *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*. Norsk klimasenter, Oslo. www.nou-klimatilpassing.no/enkel.aspx?m=57528
- Øygarden, L. (2003), “Rill and gully development during an extreme winter runoff event in Norway”, *Catena*, Vol. 50, s. 217–242.

5 Klimaendringer - avrenning og tiltak i jordbrukslandskapet

Lillian Øygarden, Bioforsk Jord og miljø (Lillian.Oygarden@bioforsk.no)

Anne-Grete Buseth Blankenberg, Bioforsk Jord og miljø
(Anne-Grete.Buseth.Blankenberga@bioforsk.no)

Johannes Deelstra, Bioforsk Jord og miljø (Johannes.Deelstra@bioforsk.no)

Atle Hauge, Bioforsk Jord og miljø (Atle.Hauge@bioforsk.no)

Nils Otto Kitterød, Bioforsk Jord og miljø (nils-otto.kitterod@umb.no)

Hans Olav Eggestad, Bioforsk Jord og miljø (Hans.Olav.Eggestad@bioforsk.no)

Nøkkelpunkter

- Klimaendringer med økt årlig nedbør, middeltemperatur og økt frekvens av kraftig nedbør vil føre til økt avrenning fra ulike jordbruksområder (korndyrking / husdyrdrift / grønnsaker).
- Økt avrenning av partikler, næringsstoffer (fosfor og nitrogen) og fekal forurensing vil kunne redusere vannkvaliteten i vannforekomster.
- Økt avrenning fører til økt behov for tiltak for å redusere faren for eutrofiering, oppblomstring av uønskede alger og fekal forurensing.
- Dagens tiltak som endret jordarbeiding, redusert gjødsling, vegetasjonssoner, fangdammer, kontroll med overflatevann blir viktig å gjennomføre og sannsynligvis i større omfang, i nye områder og som kombinasjon av tiltakspakker i jordbrukslandskapet.
- Episoder med ekstremvær kan gi behov for nye tiltak for å sikre jordbruksarealer mot flomskader, utrasninger og erosjon samt å ha bedre kontroll med overflateavrenning og hydrotekniske anlegg.

Mer enn 90 % av Norges befolkning forsynes med drikkevann fra overflatevannkilder. Jordbruksarealet utgjør bare 3 % av det totale landarealet i Norge, likevel er avrenning fra jordbruksarealer en av de viktigste årsakene til eutrofiering av elver og innsjøer i Norge (Borgvang og Tjomslund, 2001). Dårlig vannkvalitet forringer også vannet som rekreasjonsområde og som drikkevannskilde. Som en del av gjennomføringen av EUs ramedirektiv for vann – Vannforskriften – er vannkvaliteten i alle vannforekomster i Norge blitt klassifisert. 51 % er definert som uten risiko for å oppnå målet om god økologisk tilstand, 22 % har mulig risiko for ikke å oppnå målet, 25 % er i faresonen, og 2 % er ikke definert (Snellingen-Bye m.fl., 2010). I vannregionene pågår nå arbeid med å iverksette tiltak for å bedre vannkvaliteten og kvantifisere kostnadene av tiltakene. Dette arbeidet har høy prioritet og kan føre til endringer og restriksjoner for landbruket i framtiden. Endrede avrenningsforhold, for eksempel ved ekstremvær vil kunne øke tap av partikler og næringsstoffer fra jordbruksarealene og gi et enda større behov for tiltak.

5.1 Effekter av ekstremvær på avrenning og forurensning

Fire nedbørfelt i overvåkingsprogrammet Jord og Vannovervåking i landbruket (JOVA) ble valgt ut for å studere hvordan ekstremvær vil påvirke erosjon og næringsavrenning fra ulike jordbruksområder (korn/husdyr) og hva som er mulige tiltak for å bøte på dette. Feltene (www.bioforsk.no/jova) har ulik geografisk plassering, klima, jordtype og jordbruksdrift. De fire feltene er Hotran (Nord-Trøndelag), Skuterud (Akershus), samt Time og Skas-Heigre (begge i Rogaland). Feltene varierer i størrelse fra 1-28 km². Skuterud og Hotran representerer jordbruksområder med korn og er utsatt for erosjon spesielt om høsten og vinteren. Time og Skas-Heigre representerer områder med grasdyrking, hvor høy dyretetthet og sterk gjødsling (særlig husdyrgjødsel) forårsaker tap av næringsstoffer.

For alle nedbørfeltene ble det funnet stor variasjon i årlig nedbør og avrenning, samt store variasjoner i avrenning av næringsstoffer og partikler. Episoder med ekstremvær er observert i feltene. Eksempelvis hadde Skuterud i 2000-2001 nesten det dobbelte av normal årlig nedbør og mer enn 50 % økt nedbør i september-desember. Mer enn 50 % av den årlige avrenningen skjedde i løpet av disse månedene, noe som tilsvarer tre ganger høyere høstavrenning enn normalt. Jordtapet (målt som partikler) var seks ganger høyere enn middelverdier for overvåkingsperioden og fosfortapet var syv ganger høyere, mens tapet av nitrogen av tre ganger høyere. Deelstra m.fl., (2011) viser at sesongvariasjoner i tap av næringsstoffer og jordpartikler er sterkt relatert til sesongvariasjoner for avrenningsmengder.

Studien viser også at for Skuterud, Skas-Heigre og Time vil den relative fordelingen av avrenning, nærings- og jordtap som følge av klimaendringer føre til en reduksjon om sommeren og økning vår, høst og vinter. For Hotran vil ikke klimaendringer føre til store endringer i sesongvariasjoner, da nedbøren forventes å øke likt for de fire årstidene. Deelstra m.fl., (2011) viser også at en stor del av dagens årlige avrenning, nærings- og jordtap skjer i en begrenset tidsperiode. I gjennomsnitt skjedde halvparten av årlig avrenning i løpet av 25-55 dager, mens 90 % drenerte ut i løpet av 126-211 dager. Økt nedbørsmengde og intensitet i for eksempel høstperioden kan føre til økende avrenningsmengde og avrenningsintensitet som igjen kan føre til økt risiko for avrenning av næringsstoffer og påvirkning av drikkevannskilder. Det blir også færre dager tilgjengelig for å transportere ut de større avrenningsmengdene.

5.2 Tiltak

Økt avrenning av næringsstoffer kan gi betydelige utfordringer for drikkevannskvaliteten i kommunene. Faren for avrenning av fekale forurensninger fra ulike beitedyr kan også øke som en følge av klimaendringer (Tryland m.fl., 2011). Ved tiltaksplanlegging er det viktig å tilpasse tiltakene til hver enkelt lokalitet og forholdene i det enkelte nedbørfelt. Tiltaksplanlegging er en viktig del i vannregionenes forvaltningsplaner. Bioforsk har, med støtte fra Norsk landbruksforvaltning (SLF), utarbeidet en internettbasert tiltaksveileder (www.tiltaksveileder.no) for å bistå i arbeidet med «Vannforskriften» i Norge. anbefalte tiltak finnes også i faktaark på nettsiden www.klimakommune.no. Disse tiltakene blir enda viktigere ved økende avrenning og spesielt ved ekstremnedbør. Ekstremvær kan også utløse behov for nye tiltak eller endre behovet for dosering av tiltak. I det videre er det beskrevet tiltak som kan være med å begrense avrenning fra landbruket.

Miljøtilpasset- eller redusert jordarbeiding

Større nedbørsmengder og høyere intensitet om høsten gir økt avrenningsrisiko i denne perioden. Hvilken beskyttelse jordoverflata har i slike utsatte perioder er avgjørende for tapene fra jordbruksarealene. Dersom arealene jordarbeides før intensive nedbørepisoder vil risiko for erosjon og fosfortap øke betraktelig. Redusert jordarbeiding der pløying ute-

lates vil redusere risikoen. Det vil også utsettelse av jordarbeiding til neste vår. Arealer som ligger ubearbeidet i stubb er særlig viktige også i milde eller ustabile vintre med vekslende fryse-/tineperioder kombinert med for eksempel kraftig regn.

Grunn høstharving eller direktesåing er også aktuelle tiltak for å redusere tapene. I dag gis det tilskudd til endret jordarbeiding gjennom fylkenes regionale miljøprogram (RMP), ofte gradert etter arealenes erosjonsrisiko. Ved økende risiko for ekstremvær kan det bli behov for tiltak på større arealer enn i dag. Det kan gi behov for endringer i regionale miljøprogram, tilskuddsordninger og lover og forskrifter. Høstkorndyrking er økende i Norge og det meste av denne foregår ved jordarbeiding før såing om høsten. Intense nedbørepisoder like etter såing kan gi svært stor erosjon (Grønsten m.fl., 2007). I nedbørfelt til utsatte drikkevannskilder kan det bli behov for å vurdere jordarbeidingsmetoder til høstkorn, å lokalisere dyrking av høstkorn til spesielle arealer eller vurdere om bare vårkorn uten høstarbeiding vil være aktuelt. I utsatte vannforekomster er det allerede i dag innført spesielle forskrifter som regulerer slik arealbruk, for eksempel i Vansjø/Hobølvassdraget i vannområdet Morsa.



HØSTKORN. Erosjon fra areal med høstkorn (Foto: Lillian Øygarden)

Gjødsling

Med økende risiko for større avrenning blir det enda viktigere å tilpasse gjødsling til plantenes behov. Det gjelder både gjødslingsmengder og tidspunkt for tilførsel.

Ekstremnedbør kan føre til stor utvasking av næringsstoffer hvis nedbøren kommer i perioder like etter gjødsling. Tordenbyger i juni har gitt slike episoder der nitratinnhold i avrenning har økt fra ca. 2.000 µg/l til over 90.000 µg/l (Øygarden, 1989). Overskudd av nitrogen i jorda om høsten vaskes ofte ut og mye nedbør i denne perioden øker risikoen for utvasking. Delt gjødsling ut fra lokale jord, vekst og værforhold kan bli mer aktuelt, samt mer detaljert gjødsling som presisjonsgjødsling. Regler for spredning av husdyrgjødsel om høsten kan bli endret. I dag er det satt dato om høsten for når det er lov å spre husdyrgjødsel på overflata. Det er også krav om nedmoldning m.m. I andre land som for eksempel Danmark er det ikke lov med bredspredning av husdyrgjødsel, den må felles ned eller injiseres direkte i jorda. Økende høstnedbør kan både gi problemer med å kun-

ne kjøre gjødsel ut på jorden fordi det er for vått og økende risiko for avrenning etter spredning. Det er nå begynt å lage biogass av husdyrgjødsel og bioresten som dannes kan brukes som gjødsel. Den kan enten tilbakeføres til gården eller transporteres til andre områder med gjødselbehov. Ved slike avtaler kan bonden stå friere til å bruke gjødsel og minske risiko for miljøproblemene.

Kontroll med overflateavrenning og vannets strømningsveier i nedbørfelt

Kontroll med overflateavrenning er allerede et av de viktigste tiltakene for å redusere dagens tap av næringsstoffer og erosjon. Ved et endret klima med økende avrenning og spesielt ved ekstremvær blir det enda viktigere å ha kontroll over vannstrømmene i landskapet, både overflateavrenning og via dreneringsnett i jorda. Mangel på kontroll kan føre til konsentrert avrenning med stor erosjon og graveskader, utsklidninger i bekkeskrånninger og stor utvasking og transport av næringsstoffer og partikler i lang tid framover. Kontroll med vannet i jorda er også viktig for å kunne gjøre jordarbeidingsoperasjoner som innhøsting og jordarbeiding.

Avskjæringsgrøfter kan hindre uønsket avrenning fra andre arealer som nabojord, skog, gårdsplasser, veier, stikkrenner m.m. Ved intensive nedbørepisoder vil jordbruksarealene ha nok med å få ut raskt den nedbøren som faller på arealet og uønsket vann må derfor ledes bort. Ukontrollerte vannstrømmer fører ofte til omfattende graveskader og ekstremvær kan gi økte problemer med dette i jordbrukslandskapet.

Nedløpskummer for overflatevann må plasseres der vannet samler seg, blant annet i forsengkninger. En må sikre at det ikke graver rundt kummene og at de ikke blir en direkte punktkilde som fører erosjonsmateriale ut i bekker. Det kan for eksempel etableres kumdammer (se faktaark på www.klimakommune.no) eller grasdekte eller stubblagte områder rundt kummene. Grasdekte vannveier i forsengkninger i kombinasjon med nedløpskummer er eksempel på kombinasjonstiltak som blir mer aktuelt.

Sikring av grøfteutløp i bekkeskrånninger kan redusere erosjon og utrasinger rundt slike risikopunkter. Steinsetting av slike utløp kan bli mer nødvendig. Det er generelt en stor utfordring at endret klima med mye nedbør og mye vann i jordsmonnet kan føre til ustabile forhold i skrånninger og lede til utsklidninger og større ras i jordbruksområdene. Dette har det vært flere eksempler på blant annet i vannområdet Morsa, høsten 2007 og januar 2008. Slike ras kan ha effekt på vannkvaliteten i flere år framover. Vegetasjonssoner og erosjonssikring i bekkeskrånninger kan bli tiltak som må prioriteres opp i fremtiden. Det hjelper ikke om bonden har gjort tiltak som å la åkeren ligge i stubb om vinteren dersom det går et stort ras ute i bekkene og elvene.

Drenering av jordbruksjord er viktig for å lede bort overskuddsvann, gi raskere opptørring, øke kjørlighet og minske risiko for avrenningstap. Etter at tilskudd til grøfting ble tatt bort på åttitallet har dreneringsaktiviteten i jordbruket gått ned. Planleggerkompetansen i kommuner og på fylkesnivå er redusert og det er mangel på entreprenører med aktuell praktisk erfaring. Det er et stort behov for vedlikeholdsgrøfting, men også for gjennomgang av dimensjoneringsgrunnlag og anbefalinger om drenering ved endrede avrenningsmengder og intensiteter.



UNDERDIMENSJONERT. Hydrotekniske anlegg som er underdimensjonert eller feilplassert i terrenget vil ikke fungere slik de er tenkt. (Foto: Anne-Grete B. Blankenberg).

Fangdammer (figur 5.1) er konstruerte våtmarker som fanger opp og holder tilbake jordpartikler, næringsstoffer og eventuelle plantevernmidler fra dyrket mark (Blankenberg m.fl., 2007, Blankenberg m.fl., 2008, Braskerud og Blankenberg, 2005).



Figur 5.1. Prinsippskisse av en fangdam.



FANGDAM. Fangdam etablert som en utvidelse av bekkeløpet (Foto: Anne-Grete B. Blankenberg)

Partikler fanges opp i sedimentasjonskammeret. Løst fosfor, organisk stoff, nitrogen og eventuelle løste plantevernmidler reduseres i våtmarksfilteret. Fangdammer etableres i mindre bekker og dimensjoneres etter lokale forhold som størrelse på nedbørfeltet, topografi og vannføring. Fangdammer har størst effekt der partikkelavrenningen er stor, for eksempel der det dyrkes korn, poteter og grønnsaker. De er også aktuelle i intensive husdyrdistrikt hvor tråkk på beiter er betydelig, der avrenning etter spredning av husdyrgjødsel er et problem og der fosforinnholdet (P-AL) i dyrkingsjorda oppstrøms dammen er høyt. Fangdammer kan også fungere som flomdempende vannmagasin og slik bruk kan bli mer aktuelt ved endrede nedbørforhold.

Vegetasjonssoner mellom dyrket mark og vassdrag fungerer som et effektivt filter for jordpartikler, næringsstoffer og plantevernmidler i overflateavrenning fra jordbruksareal (Syversen, 2002a, Søvik m.fl., 2011). Vegetasjonssoner kan være naturlige, eller etableres som en tett markvegetasjon med grasdekke, eventuelt med spredt planting av stedege busker og trær. Grasdekke vannveier i forsenkninger/dalsøkk på jordet eller tverrgående vegetasjonssoner (striper) som er etablert på tvers av fallretningen for å dele opp lange hellingslengder reduserer også erosjon.



VEGETASJONSSONE. Vegetasjonssone mellom dyrket mark og vassdrag (Foto: Anne-Grete B. Blankenberg).



VANNVEI. Graskledd vannvei (Foto: Svein Skøien)

Økende avrenning og avrenningsintensiteter, samt mer ustabile vintre med flere fryse- og tineepisoder kan føre til økt erosjon fra jordbruksareal og større behov for tilbakeholdelse. Vegetasjonssoner kan bli enda viktigere for å stabilisere areal ut mot bekkeskråninger og hindre kjøring og jordarbeiding med tunge maskiner på bekkekanten.

5.3 Oppsummering

Klimaendringer med økende nedbør og spesielt episoder med ekstremvær kan føre til økt erosjon og avrenning av næringsstoffer og jordpartikler fra jordbruksarealer, noe som vil

kunne påvirke kvalitet på råvann til drikkevann negativt. Dagens tiltak som endret jordarbeiding, redusert gjødsling, vegetasjonssoner, fangdammer og bedre kontroll med overflatevann blir viktige å gjennomføre. Disse tiltakene må sannsynligvis også gjennomføres i større omfang, i nye områder og som kombinasjon av tiltakspakker i jordbrukslandskapet. Økt hyppighet av ekstremvær kan gi behov for nye tiltak for å sikre jordbruksarealer mot flomskader, utrasninger og erosjon samt å ha bedre kontroll med overflateavrenning og hydrotekniske anlegg. Det er driften på den enkelte gård som direkte påvirker avrenning fra arealene. Miljøtiltak i jordbruket følges opp gjennom vannforskriften og lokale forskrifter. Det er tilskuddsordninger gjennom fylkesvise regionale miljøprogram (RMP) og kommunale ordninger (SMIL). Rådgivning gjøres fra forskningsmiljø, lokale forsøksringer, landbruksforvaltningen i kommunene og hos fylkesmennene. I arbeidet med praktiske tilpasninger til endret klima framover blir det viktigere å samordne og målrette tiltakene. Forskningen på tilpasning i jordbruket er bare i startfasen.

Referanser

- Blankenberg, A-G.B., Haarstad, K. og Braskerud, B.C. (2007), Pesticide retention in an experimental wetland treating non-point source pollution from agriculture run-off. *Water Science & Technology*, Vol. 55, No. 3, s. 37-44.
- Blankenberg, A-G B., Haarstad, K. og Søvik, A.-K. (2008). Nitrogen retention in constructed wetland filters treating diffuse agriculture pollution. *Desalination*, Vol. 226, s. 114-120.
- Borgvang, S-A. og Tjomsland, T. (2001), *Nutrient supply to the Norwegian coastal areas (1999) calculated by the model TEOTIL*. NIVA-report 4343-2001. Statlig program for forurensningsovervåking 815/01 TA-1783/2001.
- Braskerud, B.C. og Blankenberg, A-G.B. (2005), *Phosphorus retention in the Lier wetland. Is living water possible in agricultural areas?* Jordforsk rapport nr. 48/05, s.126-128.
- Deelstra, J., Øygarden, L., Blankenberg, A.G.B. og Eggestad, H.O. (2011), Climate change and runoff from agricultural catchments in Norway. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, vol. 3, no. 4, forestående.
- Snellingen-Bye, A., Aarstad, P.A., Løvberget, A., Berge, G. og Hoem, B. (2010), *Jordbruk og Miljø. Tilstand og utvikling 2010*. Statistics Norway (SSB) Report 48/2010.
- Syversen, N., (2002a), *Cold Climate vegetative buffer zones as filters for surface agricultural runoff. Retention of soil particles, phosphorus and nitrogen*. Doctor Scientiarum Theses 2002:12. Agricultural University of Norway.
- Søvik A. K., Syversen, N. Blankenberg, A-G. B. og Mæhlum, T. (2012), Retention of agricultural surface runoff in a cold-climate vegetative buffer zone – effect of vegetation and season. *Ecological Engineering*, forestående.
- Tryland, I., Robertson, L., Blankenberg, A.G.B., Lindholm, M., Rohrlack, T. og Liltved, H. (2011), Impact of rainfall on microbial contamination of surface water. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 3, No. 4, forestående.
- Øygarden, L. (1989), *Utprøving av tiltak mot arealavrenning i Akershus. Handlingsplan mot landbruksforurensning*. Rapport nr. 6. GEFO, Ås.

6 Effekt av klimaendringer på vannkvalitet og behov for drikkevannsbehandling

Anne-Marie Bomo, Norsk institutt for vannforskning (NIVA)
(anne-marie.bomo@niva.no)

Ingun Tryland, Norsk institutt for vannforskning (NIVA) (ingun.tryland@niva.no)

Nøkkelpunkter

- Mer kraftig nedbør kan øke tilførselen av smittestoffer til drikkevannskilder.
- Klimaendringer kan føre til at innsjøer blir mindre sikre som hygieniske barrierer.
- Fargen i flere norske drikkevannskilder har økt kraftig siste 30 år.
- Økt temperatur og tilførsel av næringsstoffer kan gi økt risiko for oppblomstring av cyanobakterier.
- Vannbehandlingen må oppgraderes for å takle en forverret og mer ustabil råvannskvalitet.
- Selv om vannbehandlingen oppgraderes bør kommuner prioritere god beskyttelse av drikkevannskilder.

6.1 Sårbare drikkevannskilder

Mer enn 90 % av Norges befolkning forsynes med drikkevann fra overflatevannkilder. Mens grunnvann til en viss grad er beskyttet av de overliggende jord- og steinmassene, er overflatevann sårbare overfor temperaturendringer og ekstremvær (kraftig nedbør, flom og ras). En hurtig forverring av vannkvaliteten kan observeres under kraftig nedbør eller snøsmelting når store mengder partikler og løst materiale vaskes ut i vannkilden. I henhold til drikkevannsforskriften (HOD, 2001) skal drikkevannet når det leveres forbruke være hygienisk betryggende og oppfylle kvalitetskravene i drikkevannsforskriften. Vannbehandlingsanlegg bygges for å vare i flere tiår og ved planlegging av framtidig vannbehandling må vannverkseiere ta høyde for mulige endringer i råvannskvaliteten. I dette kapitlet diskuteres hvordan klimaendringer kan påvirke vannkvaliteten i overflatevannkilder. I tillegg til klimaendringer må det også tas hensyn til en rekke andre faktorer som kan påvirke vannkvaliteten i norske drikkevannskilder i årene framover, deriblant vekst i folketall, endret arealbruk og urbanisering, industri- og landbruksaktiviteter i nedbørfeltet, utbredelse av smittestoffer osv.

Klimaendringer vil påvirke landet vårt i ulik grad. Generelt vil gjennomsnittstemperaturen øke og alle landsdeler vil få mer nedbør i alle sesonger, bortsett fra Sør- og Østlandet om sommeren. Det forventes en økt frekvens av kraftig nedbør (Hanssen-Bauer, 2009). Omfanget av forurensninger som kan påvirke drikkevannskildene våre er mange og både av biologisk og kjemisk karakter. Innenfor rammene av dette prosjektet har vi begrenset oss til å fokusere på noen mikrobiologiske og kjemiske parametere. Det er gjennomført ulike casestudier for å illustrere hvordan kraftig nedbør kan påvirke den hygieniske vannkvaliteten i overflatevannkilder. Noen av studiene er basert på en sammenstilling av analysedata fra norske vannverk, mens andre inkluderer egen innsamling og analyse av vannprøver. Langtidsserier som viser utviklingen i farge og total organisk karbon i noen norske drikkevannskilder er tatt med for å vise trender. Laboratorieforsøk er utført for å vise hvordan cyanobakterier kan fremme oppvekst av enkelte sykdomsframkallende bakterier, og det er kort vurdert hvordan generell oppvekst av cyanobakterier i norske vannkilder

kan påvirke drikkevannskvaliteten og den påfølgende vannbehandlingen. Arbeidet for øvrig baserer seg på innsamling av informasjon fra norsk og internasjonal litteratur.

6.2 Mer kraftig nedbør kan øke tilførselen av smittestoffer til drikkevannskilder

Mange norske vannverk har observert en betydelig forverring av råvannskvaliteten etter kraftig nedbør, og dette er også hyppig rapportert i internasjonal litteratur. Det viktigste kravet til norske vannverk er at de til enhver tid skal levere vann som er helsemessig trygghende, og dermed ikke inneholder sykdomsframkallende mikroorganismer. Avføring fra mennesker, dyr eller fugler er viktigste kilde til tarmbakterier og mulige sykdomsframkallende mikroorganismer i norske drikkevannskilder. For å forsøke å illustrere hvordan nedbør påvirker tilførselen av tarmbakterier og parasitter (*Giardia* cyster og *Cryptosporidium* oocyster) fra dyr på beite, ble det tatt vannprøver fra utløpet av en liten bekk i en liten dal (lite nedbørfelt) med beitende kalver, ungdyr og sauer (Tryland m.fl., 2011b). Det var ikke bebyggelse/kloakkanlegg i nedbørfeltet. Ved å måle vannføringen i bekken, ble tilførselen pr. minutt av tarmbakterier og parasitter fra dette beitet beregnet. Som vist i tabell 6.1 var tilførselen av tarmbakterier fra beiteområdet 100-20.000 ganger større etter kraftig regn sammenlignet med tørre dager. Parasitter ble bare påvist på regnværsdagene. Sykdomsframkallende mikroorganismer vil bare være til stede i vannkilder dersom det er smittede individer i nedbørfeltet. Prøver av avføringen fra kalver og ungdyr på beitet viste at noen få av dem skilte ut lave konsentrasjoner av *Giardia* (Tryland m.fl., 2011b). Tilførselen av parasitter fra beitet ville antakelig vært tilsvarende høyere hvis flere av dyrene hadde vært infisert og hatt høyere utskillelse av parasitter.

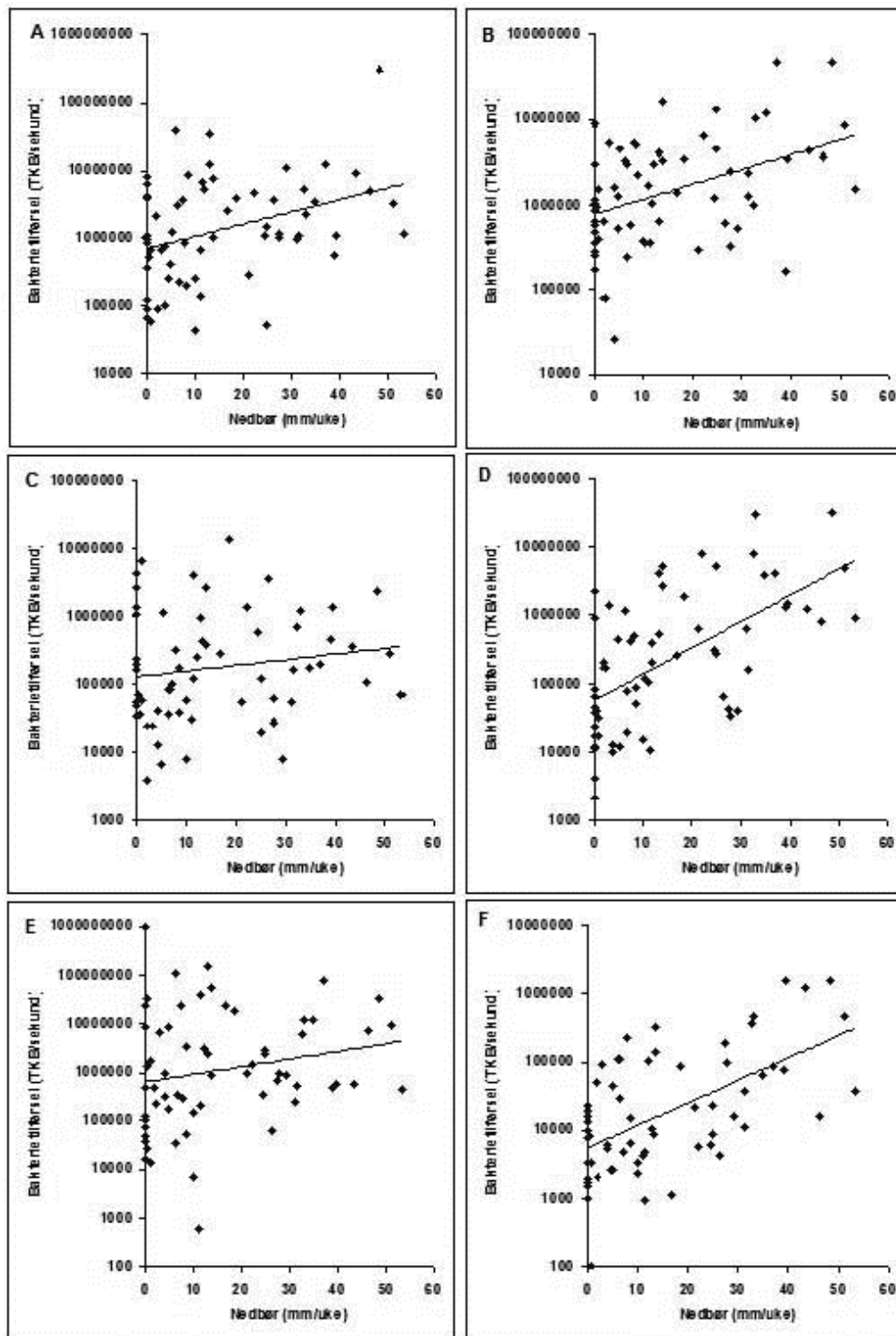
Tabell 6.1. Tilførsler av tarmbakterier (*E. coli* og intestinale enterokokker) og oocyster av parasitter fra en bekk i et beiteområde. Prøver er tatt på fire ulike dager etter ulike værforhold.

Dato:	Nedbør siste 12 timer:	Vannføring (liter/minutt)	<i>E. coli</i> (antall/minutt)	Intestinale enterokokker (antall/minutt)	Parasitter (antall/minutt)
24.08.10	15 mm	210	4×10^7	2×10^8	63 <i>Giardia</i> 21 <i>Crypto</i>
08.09.10	0*	15	9×10^3	1×10^4	< 2 <i>Giardia</i> < 2 <i>Crypto</i>
13.09.10	0**	30	1×10^5	2×10^5	< 3 <i>Giardia</i> < 3 <i>Crypto</i>
14.09.10	10 mm	210	1×10^7	2×10^7	294 <i>Giardia</i> <21 <i>Crypto</i>

*Ingen nedbør siste 8 dager

**Kraftig nedbør (16 mm) 2 døgn tidligere

Tilførselen av termostabile koliforme bakterier (TKB) fra de ulike tilførselsbekkene til drikkevannskilden Gjersjøen var periodevis stor i årene 2004–2009 (figur 6.1). Figuren illustrerer at kloakklekkasjer og store forurensningstilførsler kan forekomme både i tørrvær og vått vær, men at det er en generell trend med økt tilførsel av TKB dersom det var økt nedbør uka før prøvetaking. Fra en av tilførselsbekkene til Gjersjøen (Tussebekken) ble det gjennomsnittlig tilført 100 ganger flere TKB etter en uke med 50 mm nedbør sammenlignet med etter en uke uten nedbør. Større tilførsler etter kraftig nedbør kan skyldes en økning i kloakkoverløp og lekkasjer fra kloakksystemer, samt økt avrenning fra områder med dyreavføring.

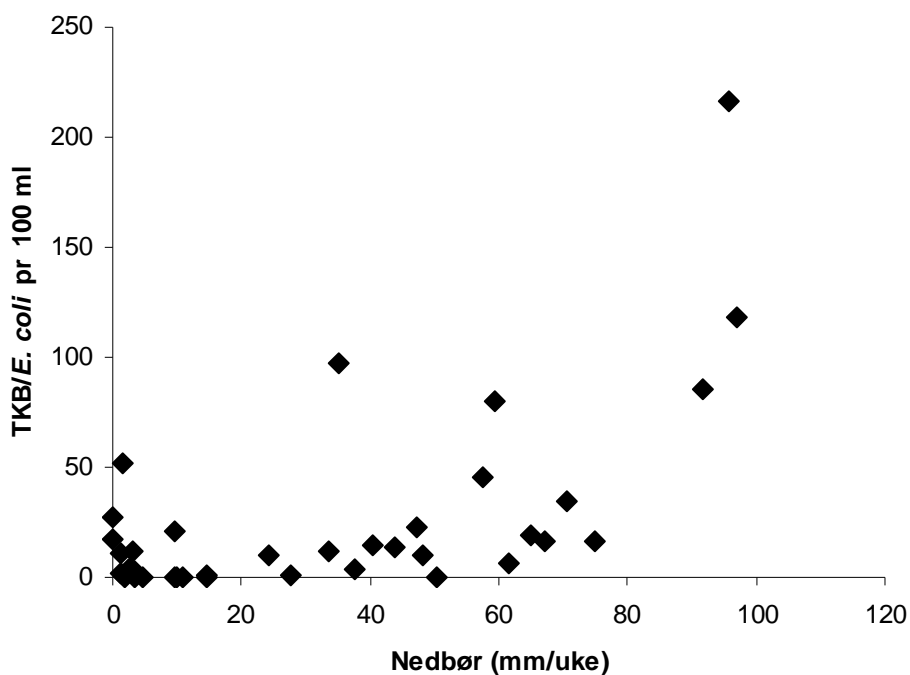


Figur 6.1. Tilførsel av TKB pr. sekund plottet mot nedbør uka før prøven ble tatt for de 5 største tilførselsbekkene til Gjersjøen (A: Kantorbekken, B: Dalsbekken, C: Fåleslora, D: Tussebekken og E: Greverudbekken) og i utløpselva (F: Gjersjøelva). Tryland m.fl. (2011b).

6.3 Klimaendringer kan føre til at innsjøer blir mindre sikre som hygieniske barrierer

Overflatevannkilder vil alltid bli tilført noe fekal forurensning fra avføring fra ville dyr. Flere norske drikkevannskilder er også påvirket av avrenning fra områder med husdyr og noen tilføres kloakk. Som vist i avsnittet over er tilførselen av fekal forurensning til vannkilder sterkt påvirket av nedbørsforholdene, og et framtidig våtere klima vil kunne føre til større tilførsler. Innsjøer brukes ofte som drikkevannskilde i Norge. Ved å plassere vanninntaket på dypt vann kan innsjøen, i perioder da det er sprangsjikt (lagdeling av vannmassene), fungere som en hygienisk barriere mot forurensning som tilføres. Økte temperaturer kan føre til at det blir lengre perioder uten sprangsjikt/islegging om vinteren i slike innsjøer, og derfor lengre perioder der mulige smittestoffer kan transporteres til vanninntaket. I verste fall kan hele vinteren bli en sirkulasjonsperiode (Bomo m.fl., 2008).

Kombinasjonen av kraftig nedbør og manglende sprangsjikt er mest uheldig. I høstmånedene, da det er sirkulasjon i vannmassene, er gjerne påvirkningen av dypvannsinntaket størst etter dager med mye nedbør, som illustrert for råvannsinntaket i Fårevatnet (Time kommune, figur 6.2).



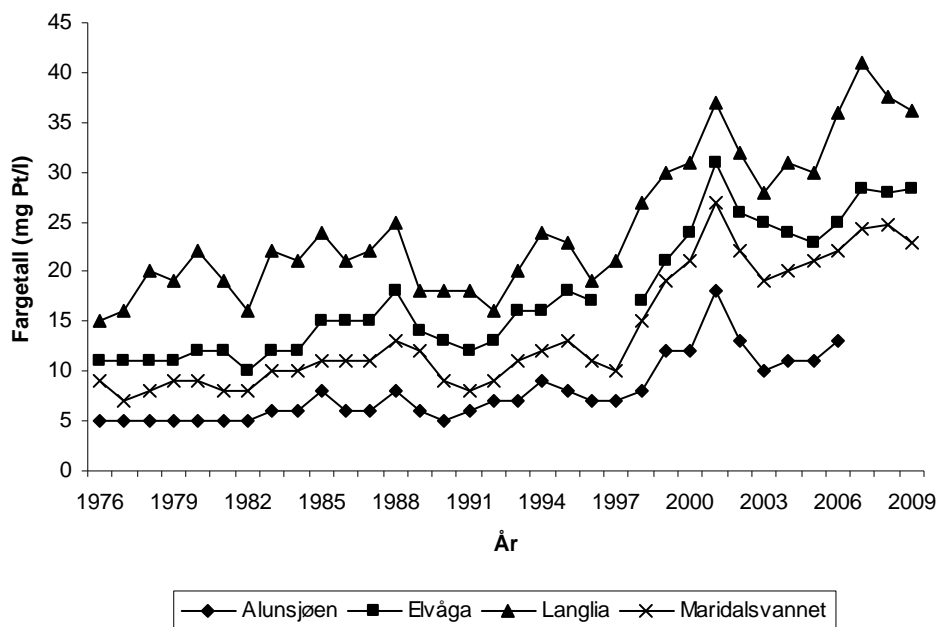
Figur 6.2. Antall tarmbakterier (TKB/*E. coli*) ved råvannsinntaket i Fårevatnet for prøver tatt i høstmånedene (september, oktober, november 1997-2006) plottet mot nedbør uka før prøvetaking (data fra Time kommune og www.eklima.no, Tryland m.fl., 2011a).

6.4 Fargen i flere norske drikkevannskilder har økt kraftig siste 30 år

Drikkevann med høyt fargetall har en karakteristisk brun farge. Intensiteten på brunfargen gjenspeiler vannets innhold av løst organisk materiale som igjen består av komplekse forbindelser som med en samlebetegnelse kalles humusforbindelser (eller bare humus). Høyt fargetall i drikkevannet reduserer den estetiske kvaliteten på drikkevannet med hensyn på lukt og farge. Fargen i seg selv representerer ingen helserisiko, men humus kan re-

agere med kjemiske stoffer som brukes i vannbehandlingen, for eksempel ved klorering, og danne biprodukter som kan ha en helseskadelig effekt. Eksempler på dette er dannelse av trihalometaner (f.eks. kloroform og bromoform) som kan ha kreftfremkallende effekter. I tillegg kan mye humus i drikkevannet reduserer effekten av UV bestråling og øke den mikrobielle veksten på ledningsnettet.

I henhold til Drikkevannsforskriften skal drikkevann levert til konsument ikke ha fargetall over 20 mg Pt/l eller konsentrasjon av organisk stoff (målt som total organisk karbon) høyere enn 5 mg/l. I situasjoner hvor råvannet overskrider disse grenseverdiene, må vannet behandles. Tall fra flere norske vannkilder viser at fargetallet i norske overflatevann stiger. Data fra Vann og avløpsetaten i Oslo viser for eksempel at fargetallet i råvannskildene i Oslo-regionen har mer enn fordoblet seg de siste 30 årene (figur 6.3). Like fullt viser prøver tatt enda lenger tilbake i tid, dvs. fra årene 1959 og 1960, at fargen i Maridalsvannet var nesten like høy som i dag (Berge, 2011). Flere forskermiljøer arbeider med å finne årsaken til disse økningene og svingningene. Klimaendringer er definert som en viktig årsak, spesielt med hensyn på nedbørmengder og nedbørintensiteter. Mye og kraftig nedbør vil øke fargetallet i vannkilden. Et illustrerende eksempel på dette var den svært nedbørrike høsten 2000 som bidro til en kraftig økning i fargetallet i alle Oslos drikkevannskilder (figur 6.3). Foruten nedbør, forklares også langtidsendringer i fargetall og konsentrasjonen av organisk stoff i overflatevann med den endringen man har sett i forekomsten av sur nedbør, hvor en nedgang i konsentrasjonen av sulfat og klorid (viktige kjemiske forbindelser i sur nedbør) har forårsaket en økning av konsentrasjonen av organisk materiale (spesielt løst organisk materiale).



Figur 6.3. Fargetall (mg Pt/l) i drikkevannskilder i Oslo-regionen fra 1976 til 2009 (Data fra Oslo VAV)

Det er forventet at antall og intensitet av nedbørepisoder vil øke i framtiden. I henhold til utslippsscenarioet B2 er det antydnet en gjennomsnittlig økning av konsentrasjonen av løst organisk materiale på 56 % i norske overflatevann (Hessen, 2010). Dette vil være en gradvis økning over en lang tidsperiode (100-200 år), men som likevel vil påvirke behandlingen av drikkevann i norske vannverk.

6.5 Økt temperatur og tilførsel av næringsstoffer kan gi økt risiko for oppblomstring av cyanobakterier

Det er ikke lovpålagt å overvåke alger (f.eks. cyanobakterier) i norske drikkevannkilder. Like fullt er det for eksempel påvist at cyanobakterier med den tilhørende giften microcystin allerede er til stede i 30 – 40 norske innsjøer (Pauly, 2009). Klimaendringer i form av økt temperatur og økt nedbør med påfølgende økt avrenning av næringsalter fra nedbørsfelt til overflatevann kan fremme vekst og forekomst av cyanobakterier ytterligere, og kan forårsake oppblomstringsperioder som øker både i mengde og varighet. I de tilfeller hvor råvannskilden har oppblomstringer av cyanobakterier må vannbehandlingen sørge for at cyanobakterier og cyanotoksiner fjernes og ikke når fram til forbruker. Eksponering for toksiner kan forårsake hud og øye irritasjoner, magebesvær og noen ganger alvorlige forgiftninger.

En annen uønsket effekt av tilstedeværelse av cyanobakterier og andre problemalger i en vannkilde er at de kan forårsake problemer med lukt og smak, samt virke positivt inn på vekst og overlevelse av potensielt sykdomsframkallende bakterier. I forsøk på laboratoriet har vi sett at cyanobakterien *Anabanea lemmermannii* stimulerte veksten av bakterien *Pseudomonas aeruginos* (Bomo m.fl., 2011). *Ps. aeruginosa* er kjent som en potensielt sykdomsframkallende bakterie som kan forårsake øre- og hudinfeksjoner, og kan være spesielt farlig for mennesker med allerede nedsatt immunforsvar. Et godt drevet desinfeksjonstrinn (UV, ozon, klorering) på vannverkene vil inaktivere den potensielt sykdomsframkallende bakterien, slik at den ikke vil utgjøre en risiko for konsumenter av behandlet drikkevann, men vil kunne ha betydning når vannkilden brukes til rekreasjonsformål (bading osv.). I tillegg kan mulig gjenvekst av bakterien på ledningsnett etter vannbehandling utgjøre en risiko.

6.6 Andre effekter

Høyere temperatur om sommeren (også i dypvannet) med stabil sjiktning, lang sommerstagnasjon og økt oksygenforbruk i dypet kan gi problemer med jern og mangan. Høyt jern og mangan innhold kan gi vannet gulbrun farge, dårlig lukt og smak, og kan reduserer effekten av UV desinfeksjon.

Hvis kilder til kjemisk forurensing, for eksempel plantevernmidler og farmasøytiske stoffer, er til stede i nedbørsfeltet, kan store nedbørsmengder føre til økt avrenning av slike stoffer til drikkevannskilden. Beskyttelse av råvannskilder mot denne type kjemisk forurensing vil bli viktig i et framtidig klima.

Det er velkjent at organisk stoff kan være en bærer av ulike metaller. Økte mengder organisk stoff i vannkilden kan derfor medføre økt konsentrasjon av potensielt giftige metallforbindelser i vannkilden. Nå er faktorene som kontrollerer mengde metaller i overflatevann igjen en kombinasjon av geologi, kjemisk karakterisering av nedbørsfelt og vannkilde samt hydrologiske parametere som oppholdstid og fortynning. Like fullt er det sannsynlig at disse faktorene på ulikt vis blir påvirket av klimaendringer og dermed representerer en utfordring for framtidig drikkevannsbehandling.

6.7 Vannbehandlingen må oppgraderes for å takle en forverret og mer ustabil råvannskvalitet

Endringer i samfunnet (for eksempel økt globalisering og reisevirksomhet) og klima kan føre til økt utbredelse av infeksjonssykdommer. Framtidig forekomst av sykdomsframkallende mikroorganismer i avføringen fra dyr og mennesker i nedbørsfeltene til norske drikkevannskilder er vanskelig å forutsi, men ved planlegging av framtidig vannforsyning



MJØSA. Drikkevannskilde for 7 kommunale vannverk (ca 80.000 personer) og noen små private vannverk (Foto: Jarl Eivind Løvik)

(inkludert restriksjoner i nedbørfeltet og valg av vannbehandling) bør det tas høyde for en økt forekomst. En erfaring som tilsier at «ingen er noen gang blitt syke av å drikke vannet» er ingen garanti. Klimaendringer med mer nedbør og økt avrenning kan føre til flere situasjoner der smittestoffer vaskes ut i vannkilden. Vannverkene må være forberedt, med minimum to hygieniske barrierer, mot alle aktuelle smittestoffer. Selv om mange norske vannverk er oppgradert de siste årene, er det fremdeles noen som ikke har aktive barrierer mot parasitter og andre klorresistente mikroorganismer. Nedbørfelt og vannkilde vil for flere vannverk ikke lenger kunne regnes som en hygienisk barriere og to barrierer må inkluderes i vannbehandlingen.

Vanlige behandlingsmåter for å fjerne organisk stoff og farge fra råvann er ved koagulering og filtrering, ozonering/biofiltrering eller membranfiltrering. Data fra det norske vannverksregisteret i 2008 (www.vannverksregisteret.no) viser at kun 26 % av alle vannverk som er innrapportert til registeret har et fargefjerningssteg i behandlingsprosessen. Den geografiske variasjonen er også stor, for eksempel så har 74 % av vannverkene i Akershus fylke et fargefjerningstrinn, mens bare 7 % i Troms. Disse tallene reflekterer naturlig nok de lokale faktorene som styrer innholdet av organisk stoff og farge i overflatevann slik som vegetasjon, jordsmonn (kvalitet og tykkelse), andel myrjord osv., men det er likevel grunn til å tro at langt flere vannverk vil bli nødt til å inkludere et fargefjerningstrinn i behandlingen i framtiden. For et vannverk som baserer sin fargefjerning på filtrering og koagulering vil utfordringene ved å ha et råvann med høyt fargetall typisk være en økning i antall filter sykluser, større forbruk av kjemikalier (koagulanter) og en reduksjon i kapasitet. En annen utfordring som norske vannverk vil stå overfor i framtiden er at råvannskvaliteten antakelig vil variere mye og at man vil oppleve store endringer innenfor korte tidsintervall. Dette vil igjen sette store krav til en effektiv styring av vannbehandlingsprosessen, spesielt i forhold til dosering av ulike kjemikalier. Per i dag baserer riktig dosering seg stort sett på erfaring og målinger gjort på råvann og

rent vann. I situasjoner med store og uforutsette svingninger i råvannskvaliteten vil dette bli langt mer utfordrende, og et system basert på real-time (on-line) prosesskontroll vil antakelig bli påkrevd.

Det er i den senere tid også fokusert mye på hvordan selve humusmolekylet er sammensatt, hvordan denne sammensetningen kan påvirke vannbehandlingen, og hvorvidt dette kan endre seg i et framtidig klima. Organisk materiale i vann er et komplekst sammensatt molekyl. Den største andelen utgjøres av såkalte hydrofobe («vannhatende») høymolekylære forbindelser som i hovedsak utgjør «humusfraksjonen» av det organiske materialet. Det er for det meste denne humusfraksjonen av det organiske stoffet som vil påvirke vannbehandlingen, for eksempel ved å være bestemmende for nødvendige koagulant-doser. Denne humusfraksjonen kommer hovedsakelig fra organisk materiale som brytes ned i nedbørfeltet og transporteres til vannkilden ved nedbør og påfølgende avrenning. Organisk materiale i vann består også av en liten andel hydrofile («vannelskende») lavmolekylære forbindelser. Denne delen av humusmolekylet er lettere biologisk nedbrytbar og kan typisk medføre økt begroing og mer biologisk vekst på ledningsnett. Denne andelen av humusmolekylet vil antakelig ikke påvirkes så mye av økte nedbørsmengder, men mer av temperaturøkninger (Eikebrokk, 2011).

Status for norske vannverk i dag er at de vanligste renseprosesser som brukes har liten eller ingen effekt på å fjerne cyanotoksiner som er oppløst i vann, mens en effektiv partikkelseparasjon kan fjerne intakte cyanobakterie-celler (Hem, 2006). Den mest benyttede metode for fjerning av cyanotoksiner er ved bruk av aktivt kull. I tillegg har klorering og ozonering også vist seg effektive mot noen toksiner (mikrocystiner). I Norge i dag har noen få vannverk med belastede overflatevannkilder aktivt kull som et etterpoleringstrinn for fjerning av algetoksiner, mens bruk av ozon er relativt lite utbredt. I et framtidig klima hvor konsentrasjonen av cyanobakterier og tilhørende toksiner kan øke, vil noen vannverk antakelig måtte endre både prosessoppbygging og dimensjonering for å oppnå en sikker fjerning av forurensningene fra råvannet.

6.8 *Selv om vannbehandlingen oppgraderes bør kommuner prioritere god beskyttelse av drikkevannskilder*

En oppgradert vannbehandling kan bøte på redusert råvannskvalitet. Likevel, prinsippet som Norge i mange år har praktisert om at det er bedre å sikre et hygienisk trygt vann ved å unngå forurensning av kilden enn å introdusere økt vannbehandling for å fjerne forurensninger, bør ikke glemmes. Vannbehandlingsprosesser kan feile, så en jevn og god råvannskvalitet må tilstrebes, i tillegg til vannbehandling.

6.9 *Oppsummering drikkevannskvalitet*

Det forventes hyppigere episoder med kraftig nedbør som følge av klimaendringer. I prosjektet er det gjennomført ulike casestudier som illustrerer hvordan kraftig nedbør kan øke tilførselen av fekal forurensning (dyreavføring og kloakk) til drikkevannskilder. Økt temperatur kan dessuten føre til at innsjøer blir mindre sikre som hygieniske barrierer senhøstes og vinterstid på grunn av lengre sirkulasjonsperioder der forurensningen kan transporteres ned til dypvannsinntaket. Fekal forurensning kan inneholde sykdomsframkallende mikroorganismer som kan føre til vannbårne sykdomsutbrudd dersom de ikke fjernes før vannet når konsumentene. En god beskyttelse av drikkevannskilder, deriblant restriksjoner i nedbørfeltet med hensyn på bebyggelse, landbruk, dyrehold og ferdsel vil redusere risikoen for at smittestoffer tilføres vannkilden. Hygieniske barrierer i vannbehandlingen, inkludert behandling som også er effektiv mot klorresistente parasitter er viktig i dag, og forventes å bli enda viktigere i et framtidig klima. Det er observert en betydelig økning i farge og løst organisk stoff i flere norske overflatevann i løpet av de

siste 30 årene. Endringer i klima antas å være en av faktorene som har forårsaket dette, og det forventes en ytterlig økning. Flere norske vannverk vil dermed måtte installere prosesser for fargefjerning i vannbehandlingen. Viktigheten av å minimere forekomsten av kjemiske forurensningskilder (miljøgifter) i nedbørfeltet forsterkes av klimaendringer fordi mer ekstremvær og oversvømmelser vil øke risikoen for at stoffene transporteres til drikkevannskilden. Økt temperatur og avrenning av næringsstoffer kan føre til økt oppblomstring av cyanobakterier. Tiltak for å begrense erosjon og avrenning av næringsstoffer fra landbruket bør prioriteres, men i noen tilfeller kan det også bli nødvendig at vannbehandlingsanlegget bygges for å kunne fjerne cyanotoksiner.

Referanser

Berge, D. (2011), Personlig kommunikasjon.

Bomo, A.M., Tryland, I., Tjomsland, T., Vogelsang, C. og Liltved, H. (2008), Challenges facing the water works due to climate change. Management practices in the Nordic countries addressing these challenges, in *Proceedings from the 6. Nordic Drinking Water Conference in Oslo, 2. -11. June 2008, Norsk Vann*, s. 17-26.

Bomo, A-M., Tryland, I., Haande, S., Hagman, C.H.C og Utkilen, H. (2011), The impact of cyanobacteria on growth and death of opportunistic pathogenic bacteria. *Water Science and Technology*, Vol. 64, p. 384-390.

Eikebrokk, B. (2011), Betydningen av NOM og NOM sammensetning for effekten av ulike vannbehandlingstiltak. Presentasjon på *Vannforskmøte om NOM og vannbehandling*, 25. mai 2011, Park Inn Hotell, Gardermoen.

Hanssen-Bauer, I., Drange, H., Førland, E.J., Roald, L.A., Børsheim, K.Y., Hisdal, H., Lawrence, D., Nesje, A., Sandven, S., Sorteberg, A., Sundby, S., Vasskog, V. og Ådlandsvik, B. (2009), *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*. Norsk klimasenter, Oslo. www.nou-klimatilpassing.no/enkel.aspx?m=57528

Hem, L. (2006), I hvilken grad kan vi forvente at cyanotoksiner fjernes i norske vannbehandlingsanlegg?, *Vann*, No. 2, s. 182-185.

Hessen D.O. (2010), Fra land til vann – nedbørfelters påvirkning på ferskvann og kyst i et klimaperspektiv. *Vann*, No. 2, s. 260-264.

HOD (2001), FOR 2001-12-04 nr. 1372: *Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften)*, Helse- og omsorgsdepartementet, tilgjengelig på: www.lovdata.no/cgi-wift/lldes?doc=/sf/sf/sf-20011204-1372.html.

Pauly, B. (2009), *Diplomoppgave. Fachhochschule Bingen* (University of Applied Sciences, Germany).

Tryland, I., Bomo, A.B. og Liltved, H. (2011a), Impacts of climate changes on surface water quality in relation to drinking water treatment in Norway. I: Kelman, I. (ed). (2011), *Municipalities addressing climate change: A case study of Norway*. Nova Publishers, New York.

Tryland, I., Robertson, L., Blankenberg, A.G.B., Lindholm, M., Rohrlack, T. og Liltved, H. (2011b), Impact of rainfall on microbial contamination of surface water. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 3, No. 4, forestående.

7 Hvordan klimaendringer påvirker korrosjonen av materialoverflater og bygningsfasader i Norge

Terje Grøntoft, Norsk institutt for luftforskning (NILU) (terje.grontoft@nilu.no)

Nøkkelpunkter

- Mer regn og høyere temperatur vil øke forvitringen av bygningsfasader.
- Gjennomsnittlig førsteårs vedlikeholdskostnad for nye bygningsoverflater i Oslo sentrum har sannsynligvis blitt redusert fra ca. 5 kr per m² fasade i 1995 til mellom 3 og 4 kr i 2010 på grunn av reduksjon i lokal forurensing (svoveldioksid fra ca. 5 µg m⁻³ til ca. 3 µg m⁻³).
- Vedlikeholdskostnaden for de 10 første årene etter monteringen av en ny metall-, Portland kalkstein eller pusset og malt fasade i Bergen og Oslo kan forventes å øke med opp til 15 prosent, eller ca. 10 kr pr. m² (2010 priser), i løpet av dette århundret, på grunn av klimaendringer.
- En reduksjon av luftforurensningene med 20–50 % kan kompensere for denne kostnadsøkningen i byene.
- Mer klimavariasjon kan gi høyere kostnader.
- Flere ekstreme klimahendelser kan gi høyere kostnader.
- Reduksjon i forbrenning av hydrokarboner kan redusere korrosjon av bygningsoverflater på kort sikt ved å redusere korroderende luftforurensninger, og på lang sikt ved å redusere klimagasser og klimaendring.
- For å beskytte bygningsfasader bør man tilpasse seg klimaendringene, ved å justere byggingsteknikker, retningslinjer og standarder.
- Sentrale offentlig myndigheter, bl.a. Direktoratet for Sikkerhet og Beredskap, og lokale myndigheter i kommunene har viktige roller i dette arbeidet.

Mer regn og høyere temperaturer vil øke korrosjonen av bygningsfasader, infrastruktur, transportmidler og andre konstruksjoner i Norge i dette århundret. Klimaet i Norge vil sannsynligvis bli varmere og våtere med mer regn om høsten, vinteren og våren (www.senorge.no/, 2010). Reduksjon av luftforurensninger kan kompensere for noe av denne klimaeffekten.

Dette kapittelet presenterer beregnede nåtidige (2010) kostnader for vedlikehold av bygningsfasader på grunn av atmosfærisk korrosjon i Oslo og Bergen sammenlignet med fortidige (1995, Oslo) og framtidige (2071–2100) kostnader. En reduksjon av vedlikeholdskostnadene ble observert fra midt på 1990 tallet til 2010 på grunn av reduksjon i luftforurensninger. Klimaendringer kan gi øket temperatur og mer nedbør, og kan øke vedlikeholdskostnadene i dette århundret.

Effekten av klimaendring ble sammenlignet med effekten av å redusere luftforurensninger. Mulighetene for forebygging av korrosjon av bygningsfasader og behovet for tilpasningstiltak for å redusere korrosjonen blir kort diskutert.

7.1 Effekten av luftforurensninger

Luftforurensninger øker korrosjonen av bygningsfasader og kostnadene til vedlikehold. Ligninger som viser sammenhengen mellom luftforurensninger, klima, korrosjon og vedlikeholdskostnader, ble brukt til å beregne mulige besparelser i vedlikeholdskostnader ved

reduksjon i luftforurensningene. Tabell 7.1 viser de beregnede vedlikeholdskostnadene og besparelsene.

Tabell 7.1. Beregnede vedlikeholdskostnader for det første året etter montering av noen forskjellige fasadematerialer i 2010, og den gjennomsnittlige årlige vedlikeholdskostnaden og kostnadsbesparelsen (2010) ved å redusere luftforurensningene med 20 % fra dagens nivå, for de 10 første årene etter montering, for Oslo og Bergen.

Materiale	Vedlikeholdskostnad (kr / m ² år)			Prosent (%) innsparing	
	Første år	Årsmiddel, 10 første år	Innsparing ved 20 % reduksjon i nevnte forurensning (Årsmiddel, 10 første år)	Innsparing ved 20 % reduksjon av SO ₂ (Årsmiddel, 10 første år)	Total innsparing ved 20 % reduksjon av alle forurensninger (nevnte forurensning+SO ₂)
Oslo					
Karbonstål	15,2	5,3	0,072 (PM10)	0,18	4,7
Sink	8,2	5,8	0,08 (NO ₂)	0,08	2,7
Kobber	4,2	2,6	0,14 (O ₃)	0,056	7,5
Støpt bronse	1,9	1,4	0,048 (PM10)	0,040	6,0
Portl. kalkstein	5,5	5,0	0,064 (NO ₂)	0,048	–
Portl. kalkstein	5,5	5,0	0,048 (PM10)	0,048	–
Portl. kalkstein	5,5	5,0	0,11 (NO ₂ + PM10)	0,048	3,2
Malt puss	3,4	3,4	–	0,032	1,7
Bergen					
Karbonstål	19,7	6,8	0,14 (PM10)	0,20	5,0
Sink	9,2	6,5	0,10 (NO ₂)	0,08	2,8
Kobber	4,9	3,0	0,11 (O ₃)	0,048	5,6
Støpt bronse	2,7	1,9	0,10 (PM10)	0,032	6,6
Portl. kalkstein	7,0	6,5	0,12 (NO ₂)	0,040	–
Portl. kalkstein	7,0	6,5	0,10 (PM10)	0,040	–
Portl. kalkstein	7,0	6,5	0,22 (NO ₂ + PM10)	0,040	4,0
Malt puss	3,6	3,6	–	0,016	1,1

7.2 En sammenligning med 1990-tallet

Vedlikeholdskostnadene i 2010, for det første året etter montering (tabell 7.1), er lavere enn de som ble beregnet for det gamle sentrum i Oslo, Kristiania Kvadraturen, for 1995 av Henriksen m.fl.,(2001). Mer enn 50 prosent av det totale overflatearealet til bygningene i Henriksens studie var pussede og malte fasader og kobber. De tre neste materialene med størst overflate var glaserete murstein, glass og granitt, som alle korroderer saktere enn pussede og malte fasader og kobber. For 2010 ble vedlikeholdskostnadene i Oslo for pussede og malte fasader og kobberplater (første år) beregnet til å være 3,4 og 4,2 kr per kvadratmeter (tabell 7.1). For 1995 ble den gjennomsnittlige vedlikeholdskostnaden for bygningsoverflatene i Kristiania Kvadraturen beregnet til 5,0 kr per kvadratmeter per år. En slik reduksjon i kostnader fra 1995 til 2010 er sannsynlig gitt den reduksjonen i SO₂ som har funnet sted, fra en verdi høyere enn 5 µg/m³ i 1995 til ca. 3 µg/m³ som brukes i denne studien.

7.3 Effekter av klimaendring og luftforurensninger på korrosjonen av bygnings fasader

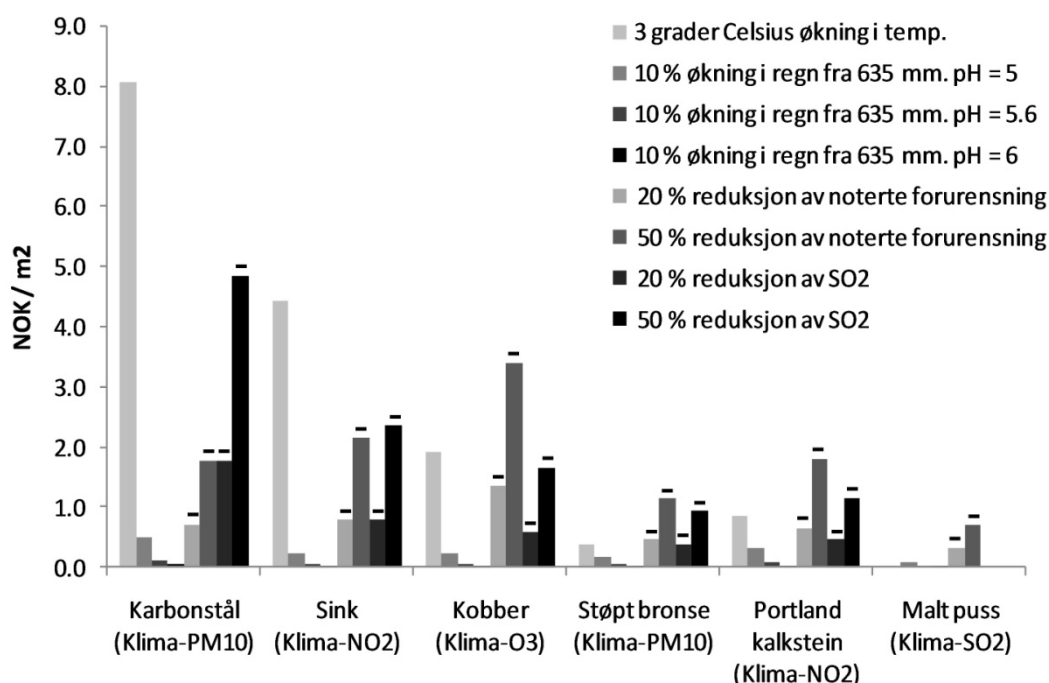
Beregninger av effekten av klimaendringer viser at vedlikeholdskostnadene for de 10 første årene etter monteringen av en ny metall-, Portland kalkstein eller pusset og malt fasade i Bergen og Oslo kan forventes å øke med opp til 15 prosent i løpet av dette århund-

ret. Dette skyldes mer korrosjon på grunn av forventet høyere temperatur og mer nedbør.

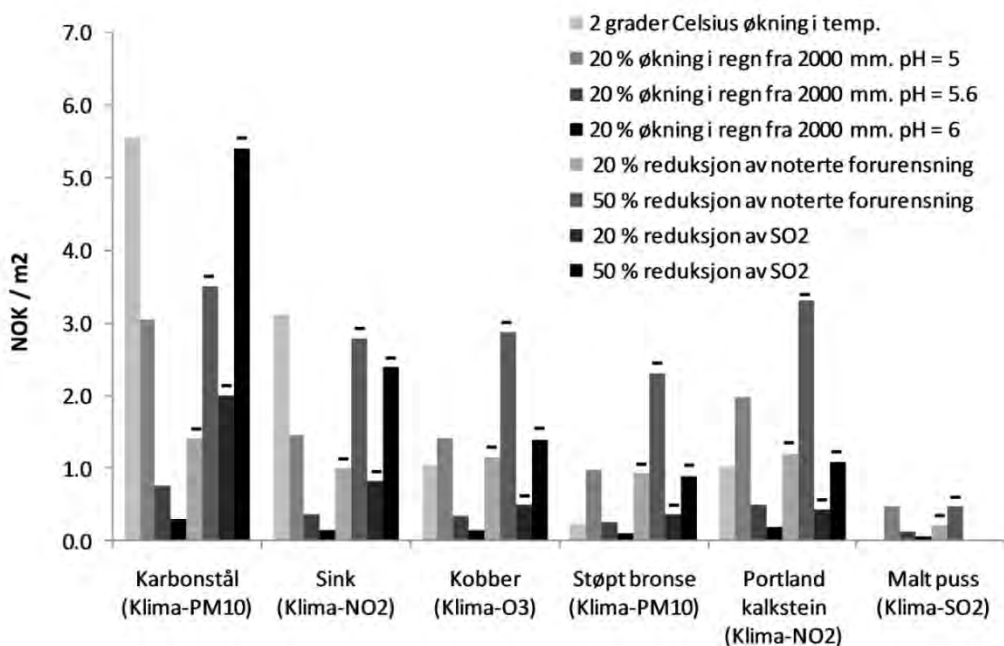
Vedlikeholdskostnadene vil imidlertid også avhenge av hvor mye luftforurensning det vil være i årene som kommer. Selv om det har blitt mindre luftforurensninger i Norge i de siste tiårene er det fremdeles betydelige utslipp i byene, spesielt fra trafikk og fra vedfyring. Korrosjonen av bygningsfasader i norske byer kan fremdeles reduseres ved ytterligere å redusere luftforurensningene, men dette vil sannsynligvis bli vanskeligere i et framtidig varmere klima med mer nedbør som vil gi mer korrosjon.

For Oslo og Bergen vil en reduksjon av luftforurensningene på 20–50 prosent sannsynligvis kunne kompensere for økende vedlikeholdskostnader som følge av klimaendringer i dette århundret. Mindre prosentvis reduksjon i luftforurensningene ville trenge i de mest forurensede sentrumsområdene. Høyere prosentvis reduksjon ville være nødvendig i utkanten av byer eller på landsbygda.

Figur 7.1 og 7.2 sammenligner den beregnede økningen i vedlikeholdskostnaden for de 10 første årene etter monteringen av et nytt fasademateriale for en rekke metaller og Portland kalkstein, på grunn av en økning i den årlige gjennomsnittstemperaturen med tre grader og en økning i den årlige gjennomsnittsnedbøren med 10 prosent for Oslo, og på grunn av en økning i den årlige gjennomsnittstemperaturen med to grader og en økning i den årlige gjennomsnittsnedbøren med 20 prosent for Bergen (www.senorge.no, 2010). Beregningen er gjort for forskjellig surhet (pH) i nedbøren, og for en reduksjon i konsentrasjonen av de nevnte luftforurensningene med 20 og 50 prosent, fra det nåværende nivået, for Oslo og Bergen.



Figur 7.1. Økning i vedlikeholdskostnader for seks fasadematerialer i Oslo for de 10 første årene etter monteringen av en ny fasade, på grunn av øket temperatur og nedbør, og besparelser (-) i vedlikeholdskostnader på grunn av reduksjon i luftforurensninger.



Figur 7.2. Økning i vedlikeholdskostnader for seks fasadematerialer i Bergen for de 10 første årene etter monteringen av en ny fasade, på grunn av øket temperatur og nedbør, og besparelser (-) i vedlikeholdskostnader på grunn av reduksjon i luftforurensninger.

Beregningene viste at forventet økning i årlig middeltemperatur vil øke korrosjonskostnadene mer enn forventet økning i årlig middelnedbør. I Bergen, som har mer nedbør, vil økningen i nedbør ha større betydning enn i Oslo. (figur 7.1 og 7.2).

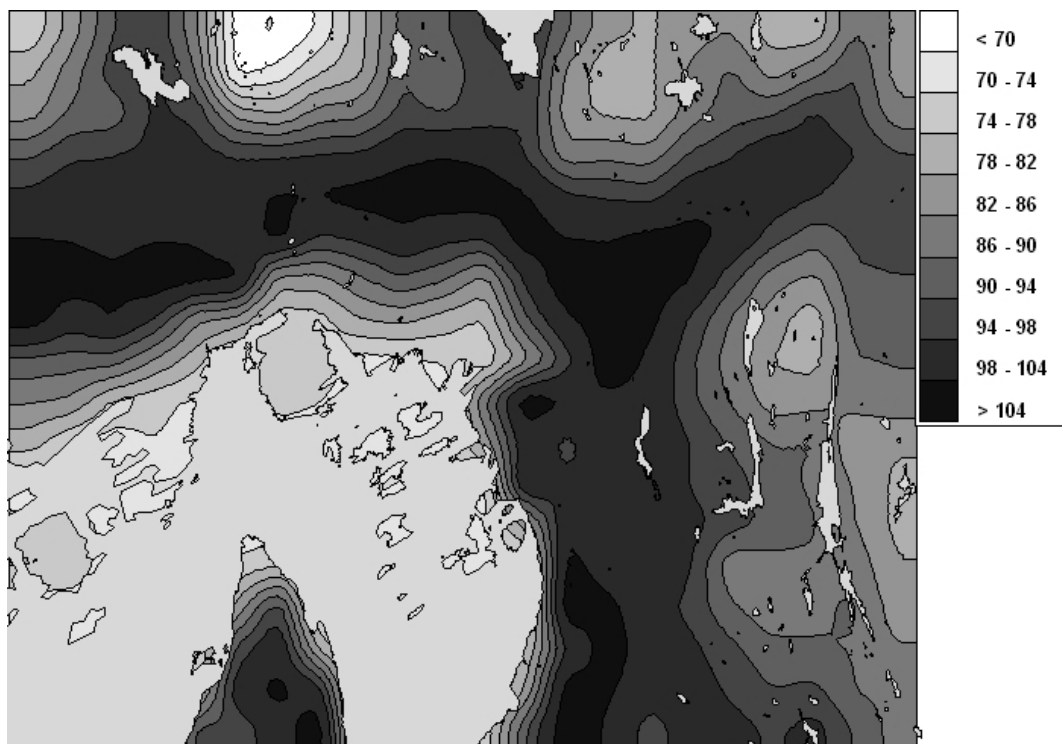
Økningen i kostnadene for vedlikehold en karbonstålloverflate i dette århundret på grunn av klimaendringer ble beregnet til å være omtrent 15 prosent av de totale årlige vedlikeholdskostnadene, både i Oslo og Bergen, eller ca. 10 kr pr. m², for de 10 første årene etter montering. Kostnadsøkningen er mindre for andre materialer (figur 7.1 og 7.2 og tabell 7.1). Den minste økningen i vedlikeholdskostnader ble beregnet for pussede og malte fasader, med omtrent to prosent av de totale årlige vedlikeholdskostnadene for Bergen, eller 1 kr per m² for de 10 første årene etter montering. Dette er 10 prosent av kostnadsøkningen for karbonstål. Verdien for Oslo var enda lavere. De eksisterende ligningene for korrosjon av pussede fasader inkluderer ikke en avhengighet av temperatur.

Besparselsen ved å redusere konsentrasjonen av de korroderende luftforurensningene med 20 prosent fra 2010 nivået ble beregnet til å være fra 1,7 til 7,5 prosent for Oslo og fra 1,1 til 6,6 prosent for Bergen (tabell 7.1). Den største beregnede besparelsen både i Oslo og Bergen var for støpt bronse og kobber, ved reduksjon av SO₂ og PM10 for støpt bronse og reduksjon av SO₂ og O₃ for kobber. Dette er interessant i sammenheng med bruken av bronse og kobber i monumenter som ansees å ha høy verdi. Den minste besparelsen ble beregnet for redusert korrosjon av pussede og malte fasader ved reduksjon av SO₂ (figur 7.1 og 7.2).

Besparselsen ved 20 prosent reduksjon av SO₂ er litt lavere eller lik besparelsen ved reduksjon av de andre luftforurensningene for alle materialene bortsett fra karbonstål. Dette skyldes at det i dag er lave konsentrasjoner av SO₂, men for karbonstål er SO₂ fremdeles viktigst da SO₂ korroderer karbonstål kraftig.

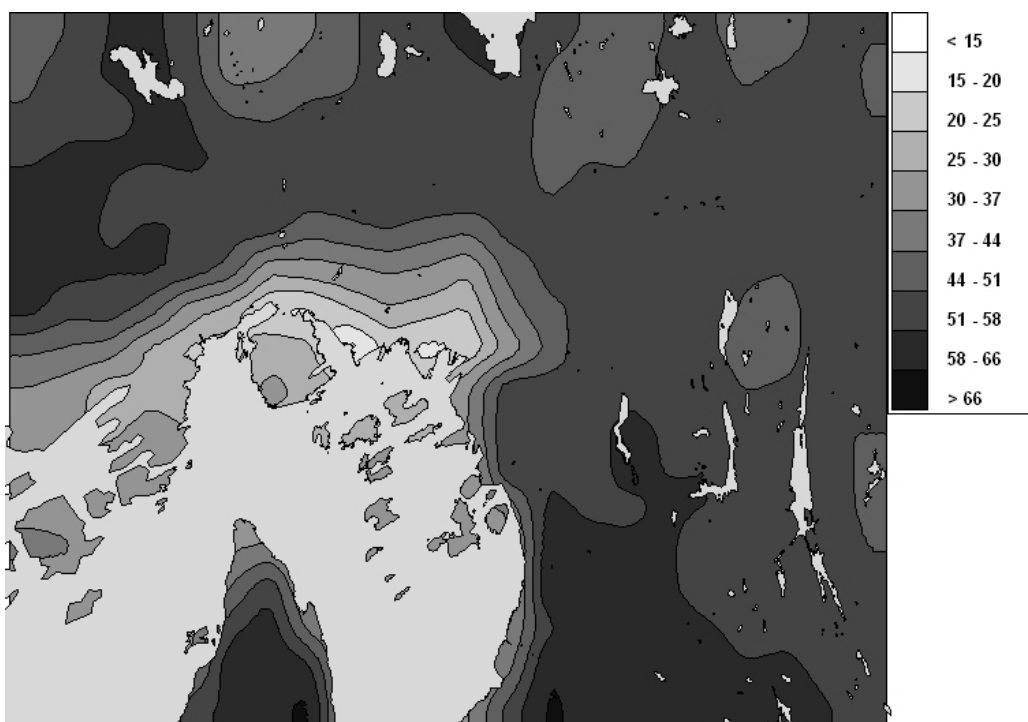
Den forventede økningen i vedlikeholdskostnader for fasadematerialene (tabell 7.1) på grunn av økende temperatur og nedbør i dette århundret er i samme størrelsesorden som den mulige besparelsen ved en reduksjon på 20 til 50 prosent i de viktigste korroderende luftforurensningene i Oslo og Bergen (figur 7.1 og 7.2), med variasjon fra bykjernen til utkanten av byen.

Figur 7.3 viser hvor mye vedlikeholdskostnadene for de 10 første årene etter monteringen av en karbonståloverflate sannsynligvis vil øke i Oslo på grunn av forventet klimaendring i dette århundret, for samme mengde luftforurensninger som i 2003. Det har vært lite endring i luftforurensningsnivået i Oslo og Bergen i perioden 2003–2010.



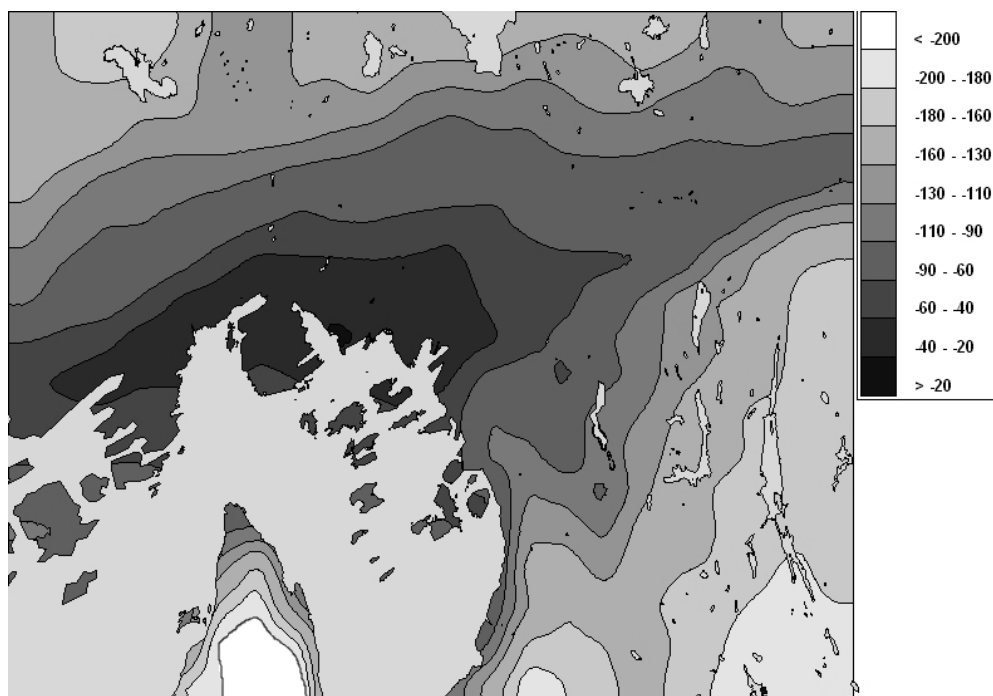
Figur 7.3. Beregnet endring i vedlikeholdskostnader for karbonstål i Oslo og de nære omgivelser på grunn av tre grader økning i årsmiddeltemperatur og 10 prosent økning i årsmiddelnedbør fra 2003 nivået. Verdiene er gitt som Eurocents pr. m² fasade pr. 10 år. Eurocents pr. m² fasade x 0.08 = NOK pr. m² fasade. Eurocents: Maks = 108. Min = 65. NOK: Maks = 8.6 Min = 5.2.

Figur 7.4 viser hvor mye vedlikeholdskostnadene for de 10 første årene etter monteringen av en karbonståloverflate sannsynligvis vil øke i Oslo på grunn av forventet klimaendring i dette århundret, når de viktigste luftforurensningene som øker korrosjonen reduseres med 20 % fra nivået i 2003.



Figur 7.4. Beregnet endring i vedlikeholdskostnader for karbonstål i Oslo og de nære omgivelser på grunn av en økning på tre grader i årsmiddeltemperatur og på 10 prosent i årsmiddelnedbør, og samtidig 20 prosent reduksjon i SO₂ og PM10 fra nivåene i 2003. Verdiene er gitt som Eurocents pr. m² fasade pr. 10 år. Eurocents pr. m² fasade x 0.08 = NOK pr. m² fasade. Eurocents: Maks = 68. Min = 12. NOK: Maks = 5.4 Min = 1.0.

Figur 7.5 viser hvor mye luftforurensningen må reduseres for å kompensere for effekten av klimaendringene.



Figur 7.5. Nødvendig reduksjon (%) i konsentrasjonen av PM10 i Oslo og de nære omgivelser for å kompensere for tre grader økning i årsmiddeltemperatur og 10 prosent økning i årsmiddelnedbør, og samtidig 30 prosent reduksjon i SO₂ fra 2003 nivåene, slik at vedlikeholdskostnadene for karbonstål ikke endres. Maks = -15 %. Min = -226 %.

Figur 7.3 viser en mindre økning av vedlikeholdskostnadene for karbonstål i de lavest liggende sentrumsområdene og strandområdene av Oslo. Årsaken til dette er at overflater vil tørke mer opp når temperaturen i fremtiden oftere når over 10 grader. Dette reduserer korrosjonen av metaller. Det samme mønsteret kan fremdeles sees i Figur 7.4, med 20 prosent reduksjon i luftforurensningene. Denne effekten er ikke registrert for kalkstein og pussede og malte fasader.

Mindre økning i vedlikeholdskostnadene ble beregnet for åsene rundt Oslo enn for sentrum av byen (figur 7.3 og 7.4). Nedbørmengden kan imidlertid være høyere i åsene enn den gjennomsnittsverdien for hele byen som ble brukt. Den beregnede korrosjonsreduserende effekten av lavere temperatur og forurensing i åsene rundt byen vil da være overdrevet.

I sentrum av Oslo vil luftforurensningene måtte reduseres med omtrent 30 prosent fra dagens nivå for å kompensere for den forventede økningen i korrosjon av karbonstål i dette århundret på grunn av et varmere og våtere vær (figur 7.5). For Portland kalkstein vil en reduksjon på omtrent 10 % være nødvendig. Forurensningene ville måtte reduseres relativt mer i utkanten av byen for å kompensere for klimaendringene (figur 7.5). I utkanten av og utenfor byene kan det være vanskelig eller umulig å redusere luftforurensningene nok til å kompensere for klimaendringen.

7.4 Tiltak for forebygging og tilpasning

Det viktigste langsiktige forebyggende tiltaket mot virkningene av klimaendringer er å redusere utslippene av drivhusgassene karbondioksid, metan og andre gasser. Slike tiltak kan også bidra til å redusere utslipp av andre korroderende gasser. En overgang fra forbrenning av hydrokarboner til bruk av andre energikilder vil sannsynligvis redusere utslippene både av karbondioksid og av nitrogenoksider, svoveldioksid og partikler. En slik endring ville forebygge atmosfærisk korrosjon av bygninger og andre strukturer både på kort sikt (tiår), ved å redusere de «andre» korroderende luftforurensningene, og på lengre sikt (flere tiår eller mer), ved å redusere utslippet av drivhusgasser.

Reduksjon i luftforurensninger ville ha umiddelbar positiv virkning ved å redusere korrosjonsskader. Det er allikevel behov for å iverksette tilpasningstiltak for å beskytte bygninger og andre strukturer mot klimaendringer, da det har vist seg vanskelig å redusere utslippene av drivhusgasser og da slike reduksjoner først vil virke etter langt tid. Standarder og retningslinjer for byggeprosesser og bruk av materialer bør utformes med hensyn til forventede klimaendringer. Dette vil gi større trygghet for at den riktige teknologien brukes. Nye bygg må ikke bare tåle det historiske klimaet, men også det framtidige klimaet.

Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap (www.dsb.no) er den norske myndigheten som arbeider for å sikre tilpasning til klimaendringer i norske kommuner. De formulerer dette slik: «Konsekvensene av klimaendringer kan reduseres hvis kommunene kartlegger sin klimasårbarhet og iverksetter tilpasningstiltak, og hvis konsekvensene av klimaendringer blir tatt hensyn til ved kriseplanlegging og ved planlegging ifølge Plan og Bygningsloven». Plan og Bygningsloven er det sentrale rettslige dokumentet som regulerer byggeaktivitet i norske kommuner. Reguleringsene i loven får tillegg eller blir endret når dette synes nødvendig. To forskrifter har nylig kommet til: «Byggesaksforskriften» og «Byggteknisk forskrift» ble iverksatt 1. juli 2010. De viktigste standardene for bygninger og byggeprosesser i Norge forvaltes av Standard Norge (2010) som er medlem av ISO (Den Internasjonale Organisasjonen for Standardisering). Det finnes også mange andre autoritative kilder som bidrar med råd og standarder for byggeprosesser. Et enkelt søk på «bygninger» og «klimaendring» og / eller «klimatilpasning» på de relevante nettsidene til

den offentlige forvaltningen og Standard Norge ga veldig få treff. Man bør imidlertid forvente at endringer som gjøres i Plan- og Bygningsloven og i norske standarder reflekterer de initiativ DSB og andre myndighetsorganer har tatt for å sikre tilpasning til klimaendringer. Det er et viktig spørsmål i hvilken grad disse nasjonale reguleringsinitiativ eller styrer aktiviteter for klimatilpasning i kommunene sammenlignet med lokale tiltak og initiativ. En egen studie av slike spørsmål hadde vært nyttig.

Bygningstekniske løsninger som i dag brukes i områder med mye regn kan få videre geografisk anvendelse. I områdene med mest regn må en revurdere bygningsteknikken for en framtid med enda mer regn. En bør vurdere både den gradvise klimanedbrytningen av bygninger, og hvordan mer nedbør kan påvirke grunnstabiliteten og den omliggende infrastrukturen som bygningsfunksjonene avhenger av. Det er spesielt viktig å tenke gjennom mulige effekter av ekstreme hendelser som kan inntreffe oftere og / eller bli mer intense. Det er viktig å gjøre tilstandsvurderinger av bygninger og strukturer som inkluderer effektene av klimaendringer. I noen tilfeller kan det være nyttig å måle klimaeffekter for å bestemme nåværende og sannsynlige framtidige risikoområder. Dette kan være for variasjoner i mikroklima rundt en bygning eller for klimaet rundt et kompleks av bygninger eller i et større område. Et godt organisert opplegg for iverksetting av krisetiltak, men også for å beskytte bygninger på lengre sikt, er viktige tilpasningstiltak.

7.5 Oppsummering

Klimaendringer som gir mer regn og høyere temperatur vil øke forvitringen av bygningsfasader. Gjennomsnittlig førsteårs vedlikeholdskostnad for nye bygningsoverflater i Oslo sentrum har blitt redusert fra ca. 5 kr per m² fasade i 1995, til antakelig mellom 3 og 4 kr per m² fasade i 2010, på grunn av reduksjon av svoveldioksid, SO₂, fra ca. 5 µg m⁻³ til 3 µg m⁻³. Kostnaden for vedlikehold av bygningsfasader på grunn av atmosfærisk korrosjon kan beregnes fra såkalte dose-responsfunksjoner, som forteller hvordan og hvor fort en fasade forvitrer på grunn av klima og luftforurensninger. Vedlikeholdskostnaden for de 10 første årene etter monteringen av en ny metall-, Portland kalkstein eller pusset og malt fasade i Bergen og Oslo kan forventes å øke med opp til 15 prosent, eller ca. 10 kr pr. m² (2010-priser), i løpet av dette århundret, på grunn av klimaendringer. En reduksjon av luftforurensningene med 20–50 % kan kompensere for denne kostnadsøkningen i byene. Mer variasjon i klimaet enn vi har i dag og flere ekstreme klimahendelser kan imidlertid gi høyere kostnader.

Reduksjon i forbrenning av hydrokarboner, som kull, olje og gass, kan redusere korrosjon av bygningsoverflater på kort sikt ved å redusere korroderende luftforurensninger, og på lang sikt ved å redusere klimagasser og klimaendring. For å beskytte bygningsfasader bør man imidlertid justere bygningsteknikker, retningslinjer og standarder for å tilpasse seg klimaendringene. Sentrale offentlig myndigheter, bl.a. Direktoratet for Sikkerhet og Beredskap, og lokale myndigheter i kommunene har viktige roller i dette arbeidet.

Bedre metoder burde utvikles for å beregne effekten av lokal- og mikroklima på bygningsfasader og hvordan denne effekten påvirkes av klimaendringer. Spesialdesignede sensorer laget av følsomme materialer kunne plasseres omkring en bygning for å studere variasjoner i klimaets påvirkning og identifisere de mest utsatte stedene på en fasade. Slike målinger kunne kombineres med tilstandsstudier av bygningen og med generelle data om klima og forventet klimaendring. Dataene kunne brukes til å vurdere sannsynlige endringer i klimaeffekter på bygningen sett i sammenheng med bygningens sårbarhet, og til å bestemme hvor fasaden vil være mest utsatt for kritisk skade.

Man trenger mer kunnskap om hvordan tilpasning til klimaendringer har blitt håndtert i retningslinjer og standarder for byggeprosesser. Man bør undersøke om slik tilpasning nevnes eksplisitt og / eller om retningslinjer og standarder har blitt justert for å ta hensyn til klimaendringer, både i Norge og internasjonalt.

Man burde også gjøre noen utvalgte grundige enkeltstudier av hvordan klimaendringer kan påvirke tilstanden og vedlikeholdskostnadene for viktige bygg, når aktuelle tilpasningstiltak tas med i betraktningen. Slike studier burde inkludere vurderinger av kostnader knyttet til tilpasning og tiltak. Administrasjonen av bygningen, og de sosiale og politiske forutsetningene for administrasjonen burde også studeres.

Litteratur

Henriksen, J.F., Anda, O. og Ofstad, T. (2001), Case Study of “Kristiania Kvadraturen” in Oslo, *EU-project REACH, Rationalised Economic Appraisal of Cultural Heritage (ENV4-CT98 0708*, NILU: OR 26/2001, Kjeller, Norway.

Hele teksten til denne norske oppsummeringen, inkludert referanser, finnes i:
Grøntoft, T. (2011), How will climate change affect the corrosion of material surfaces including building façades in Norway? I: Kelman, I. (ed). (2011), *Municipalities addressing climate change: A case study of Norway*. Nova Publishers, New York.

8 Klimatilpasning av vår kulturarv

Annika Haugen, Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)
(annika.haugen@niku.no)

Thomas Risan, Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)
(thomas.risan@niku.no)

Johan Mattsson, Mycoteam (jma@mycoteam.no)

Nøkkelpunkter

- Klimaendringene kommer trolig til å øke hastigheten på nedbryting av mange kulturminner.
- Økt risiko for råteskader og insektangrep.
- Økt risiko for saltforvitring og frostskafer på murverk.
- Økt risiko for skader grunnet store snølaste.
- Vanlig vedlikehold er av avgjørende betydning.
- Rutiner og metoder for undersøkelser må etableres for å kunne avdekke og reagere på unaturlige eksponeringssituasjoner tidsnok.
- Informasjon og opplæring av eier og forvaltende antikvariske myndigheter er viktig.

Effektene av klimaendringene i Norge vil domineres av økt nedbør, høyere temperaturer og mer vind. Dette vil medføre økt risiko for blant annet flom, ras og høy fuktighet. Det overordnede målet relatert til å bevare Norges kulturarv i et framtidig klima vil være å definere hvordan de kommende klimaendringer bør håndteres. En utfordring er hvordan eiere og lokale myndigheter bør informeres. Teoretisk informasjon er brukbar på et generelt nivå, men på lokalt nivå er det nødvendig med en praktisk tilnærming til problemene. Økt kunnskap om nedbrytingsrisiko, tilstandsvurderinger og praktiske løsninger, kan redusere de negative effektene merkbart. Det er av stor betydning at denne kunnskap blir tilgjengelig for eiere og myndigheter med ansvar for vår kulturarv.



STAVKIRKER. Norges stavkirker er en helt unik del av vår kulturarv (Foto: Johan Mattsson)

8.1 Uerstattelige kulturminner

De fleste land, om ikke alle, kommer til å oppleve resultatet av klimaendringene på en eller annen måte. Klimaendringene kommer til å påvirke både mennesker og miljø, direkte eller indirekte. Deler av vår miljø er uerstattelig, for eksempel kulturminnene. Klimaendringene kommer trolig til å øke nedbrytingshastigheten på mange kulturminner og risikoen er stor at store verdier går tapt for alltid. Hvordan skal man så beskytte kulturminnene for klimaendringene? Det kommer til å bli mer nedbør, og gjennomsnittstemperaturen kommer til å øke. Det er i stor grad mulig for forskere å forutsi de viktigste truslene, men den store utfordringen ligger i hvordan informere forvaltende myndigheter og eiere. Der som dette gjøres på en riktig måte er det mulig å raskt oppdage utvikling av skader og iverksette tiltak for å hindre negativ effekt av klimaendringene.

Kunnskap om de naturlige nedbrytingsprosessene er nødvendig som en base for videre undersøkelser. Bygninger og infrastruktur kommer trolig i hovedsak til å være truet av stigende fuktinnhold, forårsaket både av direkte nedbør og lengre perioder med høy relativ luftfuktighet. Dette kan for eksempel gi en økning i mikrobiologisk nedbrytning i tremateriale i bygninger, og muggskader på forskjellige overflater.



SOPP. Et angrep av ekte hussopp kan gi store skader (Foto: Johan Mattsson)

Videre kan forskjellig insektangrep bli mer vanlig og omfattende på grunn av endring i temperatur og luftfuktighet. I tillegg kan høyere fuktinnhold gi en økning i salt-krystallisering i murverkskonstruksjoner. Mer salter kommer til å bli transportert av vann og krystallisere i konstruksjonen.



SALTKRYSTALLISERING. Saltkrystallisering i teglsteinsmurverk (Foto: Anne-Cathrine Flyen)

Regioner som til nå har hatt kalde, stabile vintre kommer trolig oftere til å oppleve svingninger av temperaturen rundt frysepunktet i framtiden. Disse resulterer i en økning av fryse-tine-sykluser som forårsaker frostskafer. Mengden snølast på taket av bygninger kommer trolig til å svinge mer enn tidligere, og fra tid til annen kan den bli tyngre enn noensinne.

Endring i klimaet skjer kontinuerlig, og det er en normal prosess. Men når endringene kommer raskt og har en direkte innflytelse på forfallet av monumenter, er det nødvendig å reagere for å bevare materialene så bra som mulig i den nye situasjonen.

Mikrobiologisk nedbrytning i trekonstruksjoner vil sannsynligvis bli et av de største problemene knyttet til klimaendringer i de nordiske landene og må kontinuerlig overvåkes.

Vanlig vedlikehold er av avgjørende betydning for å håndtere normal eksponering. Dette gir også en mulig buffereffekt ved ekstreme situasjoner.

Informasjon og opplæring må bli gitt til eiere og antikvariske myndigheter for å begrense de negative effektene av større klimaendringer som kan oppstå i framtiden. Rutiner og metoder for undersøkelser må etableres for å kunne avdekke og reagere på unaturlige eksponeringssituasjoner. Dette kan for eksempel gjøres ved en kortfattet overordnet analyse av trusler om kulturarven i en bestemt kommune. Analysen kan oppsummeres i en liste av mulig økt risiko, med direkte praktiske opplysninger gitt til de som trenger det og plassert på nettet. Dette vil muliggjøre tidlig reaksjon på en uvanlig situasjon.

8.2 Mer fuktighet

I Norge er de mest kritiske effektene av klimaendringene spådd til å bli økt nedbør og høyere temperaturer. Bygninger og infrastruktur kommer trolig i hovedsak å være truet av stigende fuktinnhold, forårsaket både av direkte nedbør og lengre perioder med høy relativ luftfuktighet. Denne påvirkning kan for eksempel gi en økning i mikrobiologisk nedbrytning i tremateriale og muggskader på forskjellig overflater. Videre kan insektangrep bli mer vanlig og omfattende på grunn av endring i temperatur og luftfuktighet. I tillegg kan høyere fuktinnhold gi en økning i salt-krystallisering i murverkskonstruksjoner. Regioner som til nå har hatt kalde stabile, vintre vil oftere oppleve svingninger i temperaturen rundt frysepunktet i framtiden. Disse vil resultere i en økning av fryse-tine-sykluser som forårsaker frostskaider. Snølaste kommer trolig til å svinge mer enn tidligere, og fra tid til annen bli tyngre enn noensinne.

Hovedutfordringen for å beskytte kulturminnene fra de kommende klimaendringene er hvordan informere? Teoretiske opplysninger om problemet er nyttig på et overordnet nivå, men praktiske instruksjoner må gis på lokalt nivå. Bedre kunnskap om risiko for forverring ved ulike eksponeringsnivåer kan redusere negative effekter. Informasjon til eiere og forvaltere om den normale risikoen for forverring og hvordan identifisere risiko knyttet til klimaendringer er avgjørende. Opplæring og produksjon av både generelle og konkrete planer for tiltak i tilfelle ekstreme situasjoner er også viktig for å forebygge de negative effektene av klimaendringer.

Litteratur

Alfredsen, G., Solheim, H. og Jenssen, K.M. (2005), *Evaluation of decay fungi in Norwegian buildings*, IRG/WP 05–10562. International Research Group on Wood Protection, Stockholm.

Brischke, C., Rapp, A., Hasan, M. og Despot, R. (2010), *Impact of climate change on wood deterioration – Challenges and solutions for cultural heritage and modern structures*. IRG/WP 10–20441. International Research Group on Wood Protection, Stockholm.

Gobakken, L., Mattsson, J. og Alfredsen, G. (2008), *In-service performance of wood depends upon the critical in-situ conditions. Case studies*. IRG/WP 09–20382. International Research Group on Wood Protection, Stockholm.

Gobakken, L. (2010), *Effects of global climate change on mould growth – interactions of concern*. IRG/WP 10–50270. International Research Group on Wood Protection, Stockholm.

Haugen, A. og Risan, T., (2007), Klimaforandringenes påvirkning på vår kulturarv. *Vann*, No. 3, 200, s. 277-282.

Historic Buildings May Be Better Protected from Climate Change With New Forecast Method, available at www.sciencedaily.com/releases/2010/08/100823113422.htm

Häglund, M., Isaksson, T. og Thelandersson, S. (2010), *Onset of mould growth – the effect on climate variability and different geographic locations*. IRG/WP 10–20446. International Research Group on Wood Protection, Stockholm.

Kaslegard, A.S. (2010), Klimaendringer og kulturarv i Norden. *TemaNord 2010: 590, Nordisk ministerråd, København*.

Klima og kulturarv,
www.riksantikvaren.no/Norsk/Prosjekter/Avsluttede_prosjekter/Klima_og_kulturarv/

Klimakommune (2010), www.klimakommune.no

Klimatilpasning (2010), www.dsb.no/en/Ansvarsomrader/Nasjonalt-beredskap/Klimautfordringer/

Mattsson, J. (2004), *Muggsopp i bygninger. Forekomst, undersøkelse, vurdering og tiltak*. Mycoteam AS, Oslo.

Mattsson, J. and Flyen, A. (2008), Biodeterioration in buildings in Svalbard (Spitsbergen). *Historical Polar Bases – Preservation and Management*. International Polar Heritage Committee, s. 23-29.

SeNorge, www.senorge.no

Solberg, S. (2006), Mer skogskader ved klimaendring? *Cicerone*, No. 3, s. 30-32.

Young, C., Weighell, T., Sheppard, D., Bomhard, B., Rosabal, P. og Cassar, M. (2006), *Predicting and managing the effects of climate change on world heritage. A joint report from the World Heritage Centre, its Advisory Bodies, and a broad group of experts to the 30th session of the World Heritage Committee*. World Heritage Committee, Vilnius.

9 Lokal forvaltning av flomsletter i Norge – Flomdempende tiltak, biodiversitet og klimaendringer

Stein I. Johnsen, Norsk institutt for naturforskning (NINA) (stein.ivar.johnsen@nina.no)

Jon Museth, Norsk institutt for naturforskning (NINA) (jon.museth@nina.no)

Nøkkelpunkter

- Flomsletter har høy biodiversitet, med mange sjeldne og truede arter.
- Intakte flomsletter har stor vannlagringskapasitet og har derfor naturlig en flomdempende effekt.
- Både i Norge og globalt er flomsletter en sterkt truet naturtype på grunn av:
 - store endringer i det naturlige vannføringsregime som følge av vassdragsreguleringer
 - at flomverk, jernbane og vei har ført til at flomslettene i større eller mindre grad har blitt isolert fra hovedløpet
 - at tidligere areal med flomsletter har blitt brukt til landbruksproduksjon, infrastruktur og bebyggelse.
- Klimaendringer vil føre til hyppigere og mer uforutsigbare flommer. Avhengig av framtidig forvaltning vil dette føre til:
 - økt grad av forbindelse mellom elvas hovedløp og flomsletter, eller
 - krav om kraftigere og større flomverk.

Flomsletter som elvedeltaer og elvesletter består av store og næringsrike løsmasseavsetninger og disse arealene har tradisjonelt vært ettertraktet i forbindelse med jordbrukvirksomhet, bosetning og industri. Flomsletter er en lite utbredt naturtype i Norge, og presset på disse arealene har ført til at intakt flomsletteareal har blitt redusert. Et av kjennetegnene til flomsletter er at de blir oversvømt i perioder med flommer eller stor vannføring. Det har derfor vært behov for å beskytte oppdyrkede arealer, boliger og annen infrastruktur med flomverk for å unngå vannmassenes herjinger. Dette innebærer imidlertid at drivkreftene som skapte disse sjeldne og artsrike naturtypene har blitt redusert eller borte. Avveiningen mellom å beskytte bygninger og landbruksarealer eller å ta vare på de økosystemtjenestene som flomslettene innehar er en stor utfordring for kommunene. Denne problemstillingen er i stor grad aktualisert de senere år, da ulike klimamodeller antyder flere flommer og flommer som er mindre forutsigbare i framtiden.

9.1 Hva er en flomslette

En flomslette kan karakteriseres på ulike måter. Topografisk kan man si at flomsletter er relativt flate og ligger tilknyttet en elv eller bekk. Geomorfologisk kan man si at flomsletter er bygd opp av avsetninger av leire, silt og sand som har blitt transportert av elva fra høyereliggende områder. Hydrologisk kan man karakterisere flomsletter som alluviale landformer som periodisk blir oversvømt av vann fra hovedløpet. Flomsletta er vanligvis mye bredere enn hovedløpet til elva. Det er vanlig å dele opp flomslettene i elvesletter og elvedeltaer. Mens elvedeltaer utvikles i overgangen mellom elv til innsjø eller hav, dannes elveslettene i overgangen fra bratte elvepartier til bredere dalbunner med lavere fallgradient. Både elvesletter og elvedeltaer har mange likhetstrekk med tanke på økologiske forhold og grad av menneskelig påvirkning. I dette kapittelet omtaler vi både elvesletter og elvedeltaer, og som en fellesbetegnelse kan vi kalle dem for flomsletter.

9.2 Flomsletter- artsrike og truede

Urørte flomsletter får en kontinuerlig tilførsel av næringsrike sedimenter fra områder høyere opp i vassdraget. Dette medfører at flomsletter er blant de mest biologisk produktive områdene i verden. I tillegg til gode næringsforhold fører den stadige endringen i vannføring og temperatur til at habitatstrukturen på flomslettene er veldig heterogen i tid og rom (Resh m.fl., 1988, Poff m.fl., 1997, Naiman m.fl., 2008). Dette har ført til at flomslettene er svært artsrike (Tockner og Stanford, 2002), med arter som har tilpasset seg et miljø som alternerer mellom flom og tørke (Lytle og Poff, 2004).

I svært mange vassdrag har imidlertid det naturlige vannføringsregime (Poff m.fl., 1997) blitt kraftig endret på grunn av damkonstruksjoner og vassdragsreguleringer. Dammer har ført til at forbindelsen i vassdragenes lengderetning (Vannote m.fl., 1980) har blitt redusert, og vassdragene har blitt mer fragmentert. I tillegg har vassdragsreguleringer ofte ført til en utjevning av vannføring gjennom året ved å redusere flomtopper og øke vannføringen i perioder med naturlig lite vann (Moyle og Mount, 2007). I tillegg til utjevningen i vannføring har flomverk, vei- og jernbanetraseer nær elvenes hovedløp i flere tilfeller medført at flomsletter helt eller delvis blir avsnørt fra elva, med den konsekvens at utvekslingen av sedimenter, næringsstoffer og organismer reduseres eller stopper opp (Ward og Stanford, 1995). Dette innebærer at den naturlige dynamikken som en gang skapte flomslettene har blitt kraftig forstyrret (Ward m.fl., 1999).

På grunn av endringer i det naturlige flomregime (Poff m.fl., 1997), habitatendringer, forurensing og introduksjon av fremmede arter, er det estimert at opp mot 90 % av elveslettene i Europa og Nord-Amerika har mistet sin opprinnelige økologiske funksjonalitet (Tockner og Stanford, 2002).

9.3 Flomsletter i Norge

Som i verden for øvrig, er flomsletter truede naturtyper i Norge, og i Norsk Rødliste for Naturtyper som kom i 2011 er flomsletteelementene *keroksjøer*, *meandrere* og *flomløp* i ferskvann karakterisert som sterkt truet. I tillegg er elementet aktivt marint delta karakterisert som sårbar. Siden vi begynte å utnytte vassdragene til produksjon av elektrisitet for over 100 år siden, er over 50 % av det teknisk/økonomiske utbygbare potensialet utbygd. Hvis man i tillegg ser bort fra det gjenværende potensialet som ligger i vernede vassdrag, er over 80 % av potensialet utbygd (www.fornybar.no). Norge er i dag den største vannkraftprodusenten i Europa, med ca. 25 % av Europas totale produksjon. Om lag 70 % av de største vassdragene våre er påvirket av kraftproduksjon, og ca. en tredjedel av det totale vannarealet er berørt av reguleringer (www.miljøstatus.no).

Dette har ført til at det naturlige flomregime i mange norske elver og flomsletteområder har endret seg. Videre har bygging av flomvern, vei- og jernbane i mange tilfeller separert elveslettearealene fra elvenes hovedløp. I tillegg til endringene i det naturlige flomregime har elveslette- og deltaarealene blitt påvirket gjennom utnyttelse til landbruksformål og bygging av industri og boliger.

Før man startet opp arbeidet med å utvikle elvedeltabasen var norske elvedeltaer i liten grad undersøkt i forhold til tilstand og inngrep (www.elvedeltabasen.no). Etter et samarbeid mellom Direktoratet for naturforvaltning, Fylkesmennene og Statens kartverk ble elvedeltabasen utviklet, og har siden 1999 blitt brukt over hele landet. Elvedeltabasen inneholder data om 250 elvedeltaer større 0,25 km². I tillegg er det identifisert ca. 40 deltaer som ikke inngår i databasen da de har mistet sin funksjon som naturlige økosystemer (www.miljøstatus.no). Det er også trolig en del elvedelta som ikke er identifisert da de har fullstendig endret karakter på grunn av menneskelig påvirkning. I tillegg finnes det mange

elvedelta som er mindre enn 0,25 km² som også representerer verdifulle og sårbare økosystemer. Som nevnt tidligere har elvedelta og elvesletter mange likhetstrekk med tanke på økologiske forhold og grad av menneskelig påvirkning. Data fra elvedeltabasen vil derfor brukes som et utgangspunkt for å si noe om statusen til flomsletter generelt i Norge. Tabell 8.1, gir en oversikt over geografisk plassering og tilstanden til de 250 deltaene i elvedeltabasen fordelt på 11 vannregionområder (figur 9.1).



Figur 9.1. Vannregionområder i Norge.

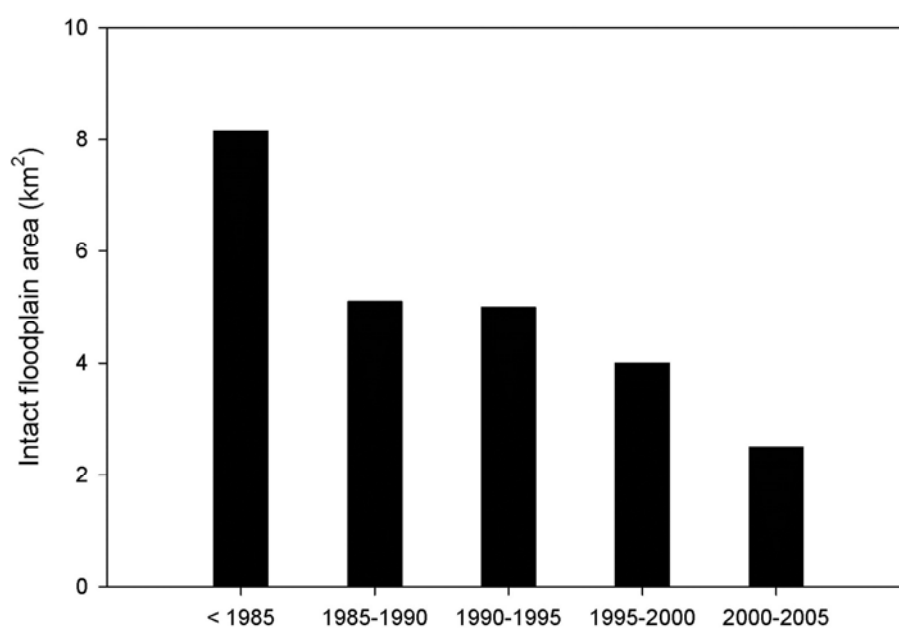
Av de totalt 250 deltaene som inngår i databasen er det omtrent like mange ferskvannsdelta (innlandsdelta) og brakkevannsdelta (tabell 8.1). Av innlandsdeltaene ligger ca. 50 % i de sørøstlige delene av Norge i vannregionområdene Glomma og Vest-Viken.

118 av deltaene ligger i vernet vassdrag, dvs. vassdrag som er vernet mot større vannkraftutbygginger. Videre ligger ca. 1/3 (84 av 250) av deltaene helt eller delvis innenfor naturreservater og 15 av deltaene er vurdert så verdifulle for arter av våtmarksfugl at de er omfattet av Ramsar konvensjonen (tabell 9.1).

I forhold til graden av menneskelig påvirkning (vassdragsreguleringer, flomvern, grusuttak, arealendringer m.m.) er 136 deltaer vurdert å være lite påvirket, mens 109 deltaer er vurdert å være moderat påvirket av menneskelig påvirkning. Inkluderer man de 40 deltaene som ikke er innlemmet i elvedeltabasen, er 45 deltaer større enn 0,25 km² vurdert å være så påvirket at de har mistet sin funksjon som økosystem. Noe av problemet med arealpåvirkningen på flomslettene er at endringene skjer gradvis gjennom bit for bit utbygginger og at hvert enkelt inngrep i seg selv ikke synes å utgjøre en trussel mot økosystemet. Et eksempel på dette finner vi ved Ringebru og Fåvang i Gudbrandsdalslågen, hvor utbygging av vei, jernbane, bygninger og utnyttelse av arealer til landbruksformål, masseuttak og oppsettelse av flomverk har redusert intakte flomslettearealer med over 60 % siden årene før 1985 (figur 9.2).

Tabell 9.1. Ulike egenskaper ved norske elvedeltaer større enn 0,25 km² fordelt på vannregioner.

Vannregion- områder	Ferskvannsdelta	Brakkvannsdelta	Deltaer i vernet vassdrag	Deltaer i naturreser- vat (helt/delvis)	Deltaer i Ramsar	Grad av påvirkning		
						Lite	Middels	Myc
Glomma	33	2	17	17	5	22	13	0
Vest-Viken	28	2	9	14	4	11	19	0
Agder	7	4	3	3	0	7	4	0
Rogaland	1	6	4	0	0	0	7	0
Hordaland	7	5	6	5	0	4	7	1
Sogn og Fjordane	6	8	7	3	0	5	7	2
Møre og Roms- dal	0	22	7	11	0	1	20	1
Trøndelag	12	12	15	8	3	12	11	1
Nordland	23	24	17	8	0	36	11	0
Troms	4	17	11	8	1	13	8	0
Finnmark	0	27	22	7	2	25	2	0
Totalt	121	129	118	84	15	136	109	5



Figur 9.2. Utviklingen i intakte flomsletter i Gudbrandsdalslågen ved Ringebru og Fåvang i årene (Johnsen m.fl., in press)

9.4 Stor artsrikdom på flomsletter – eksempel fra elveslettene på Flisa

Biologiske undersøkelser av 20 vannlokaliteter på elvesletta i Flisa viste at artsantallet av vannbiller og zooplankton (dyreplankton) var veldig høyt (Museth m.fl., in press). Det ble funnet 77 arter av vannbiller og 57 arter av zooplankton. Av disse var hele åtte av billeartene og ti av zooplanktonartene nye funn for Hedmark. Syv av billeartene er også oppført på den Norske rødlista over truede arter. Undersøkelsene viste også at det er nødvendig å undersøke et tilstrekkelig antall vannlokaliteter for å fange opp de fleste artene. Dette skyldes trolig stor variasjon i utforming av vannlokalitetene og graden av forbindelse med hovedløpet. Undersøkelsene på Flisa viser også at artsdiversiteten på elvesletter kan være stor til tross for at forbindelsen mellom hovedløpet og elvesletta er redusert som følge av flomverk, vei og jernbane. Det antas imidlertid at reduksjonen av ulike hydrologiske «forstyrrelsesregimer» over tid vil føre til at den totale artsdiversiteten vil reduseres. I en lignende studie i Gudbrandsdalslågen ble det funnet at antall arter og tetthet av vannbiller, makrofytter og små krepser var lavere i områder med flomverk enn i mer urørte områder (Schartau m.fl., 2005, Mjelde, 2006).

9.5 Klimaendringer og forvaltning av flomsletter – oppsummering

Negative effekter av flommer er i all hovedsak knyttet til skader på menneskeskapte verdier. Vår utnyttelse av flomsoner og flomsletter til ulike formål som landbruk, industri og bebyggelse har gitt behov for etablering av omfattende flomsikringstiltak. Det er imidlertid nettopp de dynamiske egenskapene til flomsletter som opprinnelig har gjort disse arealene så attraktive for menneskelig bruk, men er samtidig også forklaringen på at denne naturtypen er uvanlig artsrik og huser mange sjeldne plante- og dyrearter. Dette er en stor utfordring for lokal, regional og nasjonal forvaltning i lys av modeller som viser at klimaendringer trolig vil føre til hyppigere og mer uforutsigbare flommer i framtiden.

Et slikt scenario vil kunne føre til økt grad av forbindelse mellom elvenes hovedløp og flomslettene på grunn av flere ekstremflommer, men krav om–og faktisk etablering av flere og mer effektive flomverk er et sannsynlig utfall. Implementering av EUs Vanddirektiv og kunnskapen om at flomsletter er «hot spots» for bevaring av biologisk mangfold etterspør en mer helhetlig vannforvaltning. Reetablering av sideveis forbindelse mellom elver og omliggende økosystem ved å utvikle ikke-fysiske forvaltningstiltak for håndtering av flom, miljøtilpasning av eksisterende flomtiltak og/eller etablering av mer tilbaketrunkne flomforbygningstiltak i større avstand fra hovedløpet vil være viktig for å bevare og eventuelt restaurere funksjonelle flomsletter i Norge. Miljøtilpasning av eksisterende flomtiltak har i liten grad blitt gjennomført i Norge (Østdahl og Taugbøl, 1999, se bl.a. NVE 2004). Bruk av multikriterieanalyser som inkluderer både prissatte (f.eks. erstatning av avlinger og bygningsmasse) og ikke-prissatte (for eksempel friluftslivsinteresser, biologisk mangfold) effekter av flomtiltak ved nytte- og kostnadsvurdering av nye og eventuelt restaurering av eksisterende flomsikringstiltak vil kunne bidra til en mer samfunnsmessig optimal tilnærming til tiltak mot flom (Barton og Dervo, 2009, Johnsen m.fl., in press). Ekspropriering og utvikling av nye forsikrings- og erstatningsmodeller kan være et viktig forvaltningsverktøy for å bevare og eventuelt restaurere intakte flomsletter (Poff m.fl., 2002).

Dagens økonomiske system i Norge gir imidlertid kommunene få økonomiske insentiver til å la flomsoner forbli utnyttet eller å restaurere den naturlige dynamikken til flomslet-

ter (Rauken og Kelman, 2010). Det vil trolig være urealistisk å restaurere eller reetablere den økologiske funksjonaliteten til store og sammenhengende flomslettesystemer, men gjennom prioritering og klassifisering av ulike arealer innen slike systemer, både naturfaglige verdier og brukerinteresser, bør det være mulig å utarbeide strategier for reetablering av flomslettedynamikk innenfor prioriterte områder. Det er behov for økt kunnskap om de underliggende mekanismene og drivkreftene som gjør flomsletter så rike på arter, bl.a. fordi det er disse mekanismene som må gjenskapes hvis man ønsker helt eller delvis å reetablere funksjonelle flomsletter. Kunnskap om den relative betydningen av flomsletter for bevaring av biologisk mangfold og produksjon (bl.a. av fisk) i et nedbørfeltperspektiv bør økes.

Litteratur

Barton, D.N. and Dervo, B.K. (2009), *A multi-criteria analysis of flood protection. A methodology evaluation with an example from Skarvøllene*, NINA Rapport 464, NINA (Norwegian Institute for Nature Research), Trondheim.

Johnsen, S., Museth, J., Schartau, A.K., Barton, D.N., Fangel, K., Erikstad, L. og Dervo, B. (2011), Local floodplain management in Norway under climate change: Flood risk reduction and biodiversity conservation. I: Kelman, I. (ed). (2011), *Municipalities addressing climate change: A case study of Norway*. Nova Publishers, New York.

Lytle, D.A. og Poff, N.L. (2004), "Adaptation to natural flow regimes". *Trends in Ecology & Evolution*, Vol. 19, No. 2, s. 94-100.

Mjelde, M. (2006), "Vannvegetasjon i dammer og flomløp på elvesletter: artsmangfold i forhold til flompåvirkning og næringstilførsel". I: Sandlund, O.T., Hovik, S., Selvik, J.R., Øygarden, L. og Jonsson, B. (Eds), *Nedbørfeltorientert forvaltning av store elvesletter*. NINA temahefte 35, s. 25-27, NINA (Norwegian Institute for Nature Research), Trondheim.

Moyle, P.B. og Mount, J.F. (2007), "Homogenous rivers, homogenous faunas". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol. 104, No. 14, s. 5711-5712.

Museth, J., Johnsen, S., Walseng, B., Hanssen, O. og Erikstad, L. (2011), "Managing biodiversity of flood plains in relation to climate change", *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 3, No. 4, forestående.

NVE (2004), *Helhetlig tiltaksplan for Reisavassdraget*, Informasjon fra Norges vassdrags- og energidirektorat, no. 4.

Naiman, R.J., Latterell, J.J., Pettit, N.E. og Olden, J.D. (2008), "Flow variability and the biophysical vitality of river systems". *Comptes Rendus Geoscience*, Vol. 340, No. 9-10, s. 629-643.

Poff, N.L. (2002), "Ecological response to and management of increased flooding caused by climate change". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A-Mathematical Physical and Engineering Sciences*, Vol. 360, No. 1796, s. 1497-1510.

Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B.D., Sparks, R.E. og Stromberg, J.C. (1997), "The natural flow regime". *Bioscience*, Vol. 47, No. 11, s. 769-784.

- Rauken, T. og Kelman, I. (2010), "River flood vulnerability in Norway through the pressure and release model"- *Journal of Flood Risk Management*, Vol. 3, No. 4, s. 314-322.
- Resh, V.H., Brown, A.V., Covich, A.P., Gurtz, M.E., Li, H.W., Minshall, G.W., Reice, S.R., Sheldon, A.L., Wallace, J.B. og Wissmar, R.C. (1988), "The role of disturbance in stream ecology"- *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 7, No. 4, s. 433-455.
- Schartau, A.K.L., Dervo, B.K., Halvorsen, G., Hanssen, O., Sloreid, S.-E., Stabbetorp, O., Østdahl, T., Andersen, O. og Berger, H.M. (2005), "Dammer og evjer på elvesletter – effekter av inngrep på biologisk mangfold". I: Heggberget, T.M. og Jonsson, B. (eds.), *Landskapsøkologi: arealbruk og landskapsanalyse*. NINA temahefte 32, s. 73-77, NINA (Norwegian Institute for Nature Research), Trondheim.
- Tockner, K. og Stanford, J.A. (2002), "Riverine flood plains: present state and future trends". *Environmental Conservation*, Vol. 29, No. 3, s. 308-330.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. og Cushman, C.E. (1980), "The river continuum concept". *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 37, s. 130-137.
- Ward, J.V. og Stanford, J.A. (1995), "Ecological connectivity in alluvial river ecosystems and its disruption by flow regulation". *Regulated Rivers-Research & Management*, Vol. 11, No. 1, s. 105-119.
- Ward, J.V., Tockner, K. og Schiemer, F. (1999), "Biodiversity of floodplain river ecosystems: Ecotones and connectivity". *Regulated Rivers-Research & Management*, Vol. 15, No. 1-3, s. 125-139.
- Østdahl, T. og Taugbøl, T. (1999), *Miljøtilpasninger ved eksisterende og nye flomsikringstiltak—en litteraturstudie*, Hydra-rapport Mi04, 71, Oslo.

10 Kunnskap om og håndtering av klimaendringer på kommunalt nivå

Geir Inge Orderud, Norsk institutt for by- og regionforskning (NIBR)
(geir.orderud@nibr.no)

Nøkkelpunkter

- De fleste ordførere har kjennskap til konklusjonene i budskapet om klimaendringer.
- Flertallet har stor tiltro til disse konklusjonene, men tiltroen har sunket fra 2007 til 2010.
- Ordførere og miljøansvarlige bruker mange informasjonskilder: i egen administrasjon, andre kommuner, statlige etater, fylkeskommune, forskning, konsulentbedrifter, osv.
- For ordførere er forskning og fylkesmannens miljøvernavdeling de to viktigste, og for miljøansvarlig er fylkesmannens miljøvernavdeling og fylkeskommunen hyppigst brukt.
- Få er bekymret for at kommunen deres ikke skal greie å håndtere klimaendringene, mens langt flere er noe bekymret.
- Mange mener kommunen bør øke arbeidet med å tilpasse seg klimaendringer, men færre mener kommunene bør ha hovedansvaret, og få mener de bør ha det økonomiske ansvaret.
- Utdanningsbakgrunn og utdanningslengde, sentrum–periferi, politisk tilhørighet og fulltids miljøstilling er viktige faktorer for kunnskapen om klima.

Norske kommuner er tillagt ansvar for en rekke offentlige velferdstjenester, og de spiller en sentral rolle i å avverge, håndtere og bidra i repareringen av skader forårsaket av for eksempel flom og storm. Dette innebærer også et ansvar for tilpasning til konsekvensene av klimaendringer, og regjeringen har utpekt kommunene som en viktig arena for tilpasningsarbeidet. Imidlertid tyder studier i årene 2005 og 2007 på manglende systematikk i det kommunale tilpasningsarbeidet, et forhold som kan ha medført et kunnskapsgap om hva det er man skal tilpasse seg til og hvordan dette bør skje. For å få et bedre innblikk i tilpasningsarbeidet (og arbeidet med å redusere klimagassutslippene) og holdninger til klimaendringer på kommunalt nivå, ble det i 2007 gjennomført en spørreundersøkelse som omfattet alle landets kommuner, med spørreskjema til ordførere og til miljøansvarlig i den kommunale administrasjonen. Svarprosenten var henholdsvis 46 prosent (196 kommuner) blant ordførere og 51 prosent (221 kommuner) for miljøansvarlig. Statistiske tester viste at det ikke var alvorlige skjevheter når de som svarte ble sammenlignet med alle kommuner. I dette kapitlet presenteres noen av funnene fra undersøkelsen, som kjennskap til og tiltro til klimaendringbudskapet, informasjonskilder og oppfatningen av disse, hvor alvorlig klimaendringene oppfattes som og evne til å håndtere konsekvensene, plikt og ansvar for å iverksette tiltak og tiltak, samt holdninger til tiltak.

10.1 Kunnskap om og tiltro til klimabudskapet

I 2007 svarte 75 prosent av ordførere at de kjenner konklusjonene fra FN's klimapanel, og ca. 55 prosent av denne gruppen uttrykte stor tiltro til disse konklusjonene, mens ca. 40 prosent hadde noe tiltro. På den annen side ga noe over halvparten av ordførerne ut-

trykk for å være noe bekymret for konsekvensene av klimaendringer, mens ca. 35 prosent var veldig bekymret. Imidlertid, i en tilsvarende undersøkelse utført ved NIBR i 2010 hadde kjennskapen til konklusjonene økt til 88 prosent, tiltroen til konklusjonene hadde sunket: ca. 40 prosent hadde stor tiltro, mens 55 prosent hadde noe tiltro. Tilsvarende viser meningsmålinger at tiltroen til klimabudskapet har sunket i den norske befolkningen generelt, som det har gjort i en rekke andre land. I det følgende presenteres resultater fra analysene av 2007 undersøkelsen.

10.2 Informasjonskilder og oppfatningen av disse

Ordførernes informasjonskilder for kunnskap om klimagassreduksjon og tilpasning til klimaendringer omfatter kilder internt i kommunen, andre kommuner, aktører høyere opp i det offentlige hierarkiet, samt aktører utenfor det offentlige. Den viktigste kilden er forskningsinstitutter og forskningsrapporter med en gjennomsnittlig skår på 4,14 for temaet tilpasning til klimaendringer, med 5,0 som topp. Deretter følger miljøvernavdelingen hos fylkesmannen med en skår på 3,82, mens næringslivs- og fagorganisasjoner, bedrifter, samt konsulentbransjen har lavest skår, med litt over 3. Et tilsvarende mønster gjør seg gjeldende for klimagassreduksjoner.

Miljøansvarlig i kommunene ble spurt om hvor ofte de har tatt kontakt med forskjellige aktører, og for tilpasninger til klimaendringer er det mest kontakt med fylkesmannen, fylkeskommunen og andre kommuner, men ikke oftere ca. en gang hvert halvår i gjennomsnitt. Kontakten med øvrige aktører var sjeldnere enn dette, og forskningsinstitutter og konsulentbedrifter lå på samme nivå. Kontaktmønsteret for klimagassreduksjoner fulgte samme mønster, men generelt var det hyppigere kontakt på dette feltet enn for tilpasning til klimaendringer.

Miljøansvarlig ble også spurt om hvor fornøyde de var med de forskjellige aktørene, og de aktørene som ble benyttet mest, skåret også høyest. Med 1,0 som best og 5,0 som dårligst, skåret fylkesmannen 2,91 i gjennomsnitt, mens fylkeskommunen og andre kommuner skåret 3,19 og 3,21. Forskningsinstitutter og konsulentbedrifter hadde også her omtrent samme skår (3,32/3,33).

10.3 Kommunens evne til å håndtere klimaendringer

Noe over halvparten av ordførerne mente klimabudskapet om høyere temperatur og mer regn, med hyppigere ekstremvær er noe gyldig for deres egen kommune i dag, mens litt over ti prosent mente det er meget gyldig. Tilsvarende for framtiden, mente litt over 30 prosent at budskapet er meget gyldig, mens nær 60 prosent mente det er noe gyldig. Dette rimer med klimabudskapet, men samtidig var det altså mindre enn en tredel som trodde budskapet i stor grad vil gjelde deres egen kommune. Videre, kun ti prosent tror deres egen kommune vil ha problemer med å håndtere konsekvensene av disse endringene, mens halvparten er noe bekymret. Generelt er det derfor tro på egen evne til å håndtere utfordringer knyttet til ekstremvær.

10.4 Plikt og ansvar for å iverksette tiltak

Generelt mente nær 60 prosent av ordførerne at kommunene burde gjøre noe mer for å starte tilpasning til klimaendringer, mens nær 30 prosent mener at de burde gjøre langt mer. 70 prosent av dem svarte at det politiske hovedansvaret for tilpasningsarbeidet bør ligge på nasjonalt nivå, og 25 prosent svarte det bør være et internasjonalt ansvar. Når det gjelder det økonomiske ansvaret, mente så godt som alle at dette ansvaret bør ligge på nasjonalt nivå. Staten dytter, som påpekt foran, ansvaret nedover, og kommunene dytter ansvaret oppover. Et tilsvarende bilde gjelder utslippsreduksjoner: Norge som land bør

gjøre langt mer, og flertallet mener kommunene bør spille en viss rolle, men få mener kommunene bør ha et økonomisk ansvar.

Når det gjelder konkrete tiltak, var nesten halvparten av ordførerne helt enig at bilkjøring bør reduseres, både for å redusere luftforurensning og redusere utslipp av klimagasser, og de fleste andre var delvis enig i dette. På den annen side, var det mindre enn 30 prosent som var helt enig i at offentlig kommunikasjon bør prioriteres framfor å øke kapasiteten på veiene og øke antall parkeringsplasser, mens nær halvparten var delvis enige. Imidlertid var en forholdsvis stor andel av ordførerne delvis eller helt enig i at hensynet til næringsutvikling og jobber betyr mer enn hensynet til miljøet (43 prosent), og at miljøtiltak forårsaker for strenge reguleringer og restriksjoner på annen aktivitet (39 prosent). Det generelle bildet er dermed motsetningsfylt.

Holdningene som er blitt avdekket, tilsier likevel at det ligger til rette for å iverksette tiltak i forhold til klimaendringer, både klimagassreduksjoner og tilpasning til klimaendringer. Fram mot 2007 viste det seg at det på tilpasningssiden i hovedsak var tiltak mot ekstrem nedbør og flom som var iverksatt. I tillegg var det noen kommuner som hadde gjort investeringer for å stå bedre rustet til å håndtere overflatevann og å beskytte vann og avløpsnett. Tiltak i forbindelse bygninger og annen infrastruktur var derimot sjeldne.

10.5 Forklaringer

Analysene av holdninger og tiltak har blant annet vist en samvariasjon mellom kommuner som hadde erfart skader under nyttårsstormen 1991–92 langs vestlandskysten, stormflommen på Østlandet våren 1995 og høstflommen på Østlandet i 2000, og kommuner som i etterkant hadde iverksatt tiltak. Dette peker i retning av en reaktiv politikk, der man svarer med tiltak i etterkant av hendelser. Imidlertid viser analyser som omfatter flere mulige forklaringsvariable, at ordførere i kommuner som har erfart skader fra ekstremvær, ikke systematisk skiller seg ut fra ordførere i andre kommuner når det gjelder holdninger til og tiltak overfor klimaendringer. Derimot viser analysene at utdanningsdisiplin (og delvis utdanningsnivå), politisk tilhørighet og geografisk lokalisering (sentrum–periferi) ofte gjør seg gjeldende.

Ordførere som er utdannet innenfor naturvitenskapelig relaterte fag og landbruksfag, støttet i større grad enn for eksempel ordførere med økonomifag og tekniske fag opp om klimabudskapet. Det samme gjorde seg gjeldende for ordførere fra Arbeiderpartiet og Senterpartiet sammenlignet med ordførere fra Høyre, og i større grad for ordførere fra sentrale kommuner enn fra perifere kommuner, samt delvis fra Sør-Norge sammenlignet med Nord-Norge. Det viste seg også at forskningsinstitutter og forskningsrapporter økte i betydning med økende sentralitet og var sterkest innenfor samfunnsfag/humaniora og miljøfag, mens det motsatte var tilfelle for konsulentbransjen. I tillegg ble de interne ressurser i kommunen og ressurser høyere oppe i det offentlige hierarkiet i størst grad vektlagt av den politiske venstresiden.

Blant miljøansvarlige økte kontakthyppheten med andre offentlige aktører med stigende utdanning, og tilfredsheten med denne kontakten økte med stigende utdanning. De som er i en fulltids miljøstilling, har et bredere kontaktnettverk enn de som er deltidsstillinger, spesielt i forhold til forskningssektoren og konsulentbransjen, og de er mer fornøyd med denne informasjonen.

10.6 Oppsummering

Sammenhengen mellom erfart ekstremvær og tiltak i etterkant antydde en reaktiv tilpasning, mens det i framtiden kan være nødvendig i sterkere grad å være føre var. Dette krever samarbeid mellom sektorer som ikke er vant til å samarbeide: i den kommunale administrasjonen, mellom kommuner, på ulike administrative nivåer, og mellom det offentlige og det private. For at et slikt samarbeid skal være vellykket, trengs øvelse og en forbedret institusjonell kapasitet. Våre analyser tyder på at kommunene er del av et kunnskapsnettverk innenfor rammene av flernivåstyring. Imidlertid antyder våre analyser også at høyere utdanning, miljøfagrelatert utdanning og fulltids miljøansvarlige øker kunnskapsnettverket og søket etter informasjon. Staten bør derfor vurdere å gjeninnføre og finansiere heltids miljøstillinger i kommunene, med krav om faglig relevant bakgrunn, samtidig som plan- og bygningsloven legger til rette for at miljøforhold og klimatiltak er del av politikkgrunnlaget. Dette kan bidra til å holde fokus på miljø og klima, spesielt i utkantkommuner og mindre kommuner. Analysen viser også at ordførere legger vekt på forskningsbasert kunnskap, og miljøansvarlige med god grunnkompetanse er bedre i stand til å forstå, bruke og videreformidle relevante kunnskap. Det er ikke minst viktig i forhold til ordførere fra høyresiden, som analysen viste i mindre grad støtter klimabudskapet og i større grad støtter hensynet til jobber framfor naturmiljøet. Analysene av miljø og klima i kommunene har gitt et generelt bilde av holdninger, oppfatninger og tiltak, men resultatene reiser også en del spørsmål om hvorfor som spørreskjemaundersøkelser ikke er så godt egnet til å gi svar på, spesielt ikke hvis svarprosenten skal bli tilstrekkelig høy. Ved å gjenta undersøkelsen med jevne mellomrom vil det være mulig å kartlegge endringer i holdninger og tiltak over tid og dermed gi mulighet til å avdekke om forhold som forklarer observerte variasjoner, også endres. Dette kan i neste omgang danne grunnlag for intervjuundersøkelser som forsøker å gå mer i dybden på begrunnelser og handlingsvalg.

Litteratur:

Amundsen, H., Berglund, F. og Westskog, H. (2010), Overcoming barriers to climate change adaptation – a question of multilevel governance?, *Environment and Planning C: Government and Policy*, Vol. 28, No. 2, s. 276-289.

Harvold, K. (2011), *Tenke globalt, handle lokalt? Ordførerundersøkelsen 2010: Norske ordføreres vurdering av klimaendring og lokalt klimaarbeid*, NIBR-rapport 2011:10, Norsk institutt for by- og regionforskning: Oslo.

Orderud, G.I. (2011), Climate change knowledge acquisition in Norway's municipalities, *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, Vol. 3, No. 4, forestående.

Orderud, G.I. og Kelman, I. (2011), Norwegian mayoral awareness of and attitudes towards climate change, *International Journal of Environmental Studies*, forestående.

11 Tilpasning i norske kommuner

Trude Rauken, CICERO Senter for klimaforskning (trude.rauken@cicero.uio.no)

Nøkkelpunkter

- Kommuner i Norge tilpasser seg i stor grad til klimaet basert på historiske hendelser
- Fokus på tilpasning til klimaendringer er et resultat av engasjerte individer og nettverkssamarbeid med andre kommuner
- Staten gir få føringer på tilpasningsarbeid i kommunene, og det blir derfor heller ikke et prioritert område
- Det er lite konkret informasjon i klimaframskrivningene som kommunen kan handle etter, og usikkerhet leder til handlingslammelse
- En vei ut av denne låste situasjonen er først og fremst å fokusere på dagens klima
- Når, for eksempel, veier og annen infrastruktur legges i flomutsatte områder er det et tegn på at vi ikke tar nok hensyn til det klimaet vi har i dag
- Kommunene burde i større grad tenke på kostnader knyttet til naturhendelser til tross for at disse spres over hele befolkningen

Forskning som er gjort så langt på tilpasning til klimaendringer viser at dette arbeidet stor grad påvirkes av erfaring med naturhendelser (Juhola 2010, Keskitalo 2010, Glaas m.fl., 2010, Amundsen m.fl., 2010). I tillegg ser det ut til at institusjonelle trekk som organisasjon og administrative rutiner også påvirker tilpasningsarbeidet (Keskitalo m.fl., 2010, Roberts 2008, Crabbé og Robin 2006). I norske kommuner kommer det også fram at statens uavklarte rolle og usikkerhet i prognosene for potensielle klimaendringer også påvirker kommunenes arbeid med tilpasning og fører noen ganger til handlingslammelse.

I tillegg er det norske klimaet svært variabelt (se kapittel 1) og da blir heller ikke alle endringer like aktuelle for alle kommuner. Selv om klimaendringer er en global utfordring når det gjelder å få ned utslipp av klimagasser rammer de eventuelle effektene av klimaendring lokalt. I arbeidet med de lokale endringene og tilpasning til disse har norske kommuner en nøkkelposisjon.

Men dette gjelder ikke bare framtiden. Vi ser at sårbarhet for naturhendelser også eksisterer i dagens samfunn gjennom at verdier plasseres i områder som er utsatt for naturhendelser. Når en ny vei eller et nytt offentlig bygg legges i, for eksempel, et flomutsatt område viser dette at vi heller ikke i stor nok grad tilpasser oss dagens klima. En vei ut av handlingslammelsen vil dermed være å se på dagens klima, og forsøke å redusere sårbarheten i forhold til det.

11.1 Faktorer som påvirker tilpasning

Utover å understreke at klimatilpasning må ha et lokalt fokus (Regjeringen 2008) har statlige myndigheter hatt et begrenset engasjement i tilpasning. Det siste året har statens fokus tiltatt noe gjennom NOU2010:10 *Tilpassing til eit klima i endring* hvor Fløte-utvalget har gjort rede for hva slags utfordringer forskjellige sektorer kan forvente, hvor fokuset burde ligge hos offentlige myndigheter og hvilke felt som må styrkes. Både utvalget og forskere påpeker at sentrale myndigheter er nødt til å komme sterkere på banen i forhold til tilpasning.

Norske kommuner har få statlig pålegg i forhold til tilpasning, men noe finner vi i kravet om Risiko- og Sårbarhetsanalyser (ROS). Når kommunene gjør sine ROS-analyser må de vurdere hvilke klimaendringer som kan bli aktuelle for egen kommune i sektorene arealplanlegging og beredskap. På den måten må kommunene vurdere klimaet i et langsiktig perspektiv når de skal ta beslutninger i forhold til arealplanlegging. Dermed kan det bli gjort vedtak som ikke nødvendigvis fører til kortsiktig gevinst, men heller kommer befolkningen til gode om 40 år.

I tillegg har mange kommuner begrenset med ressurser til å bruke på et område som de ikke er pålagt å gjøre noe med. Det vi ser er at det er i stor grad de store kommunene som har personale, midler og dermed kapasitet til å håndtere denne type sektorovergrepene problemstillinger. Store kommuner deltar ofte i nettverk med andre kommuner og har dermed mulighet til å utveksle erfaringer og gi hverandre råd for løsninger på sammensatte problemer.

Små kommuner vil oftere forholde seg mest til de påleggene de får da de har begrenset med ressurser til å ta inn ikke-pålagte oppgaver. Men også små kommuner samarbeider med andre kommuner når de, for eksempel, skal gjøre ROS-analyser. Dermed ser det ut til at å delta i nettverk er nyttig både for store og små.

Engasjerte ansatte viser seg også å være viktig i kommunens arbeid med klima (Kasa m.fl., 2011), både når det gjelder utslippsreduksjoner og tilpasning. Det vil si at dersom vedkommende som er engasjert i dette arbeidet slutter har også arbeidet med klimatilpasning en tendens til å sakke akterut. Dermed er det viktig for kommunene å kontinuerlig kartlegge denne type arbeid og kunnskap slik at den blir mindre sårbar i forhold til en eller få ansatte.

11.2 Usikkerhet knyttet til framtiden, hva med nå?

Videre har de framskrivningene for et framtidig klima stor usikkerhet knyttet til seg. Dette skyldes at modellene som brukes for å kikke inn i framtiden ikke har informasjon om hvor mye utslipp klimagasser vi vil ha i framtiden og heller ikke kan si nøyaktig hvilke effekter som kommer av en temperaturstigning på, for eksempel, 4 grader. Modellene er med andre ord ikke komplette.

Gitt denne usikkerheten blir det også vanskelig å komme med forslag til konkret proaktiv handling i kommunene. Men det er da mulig å spørre seg om hvor mye vekt vi burde tillegge framtiden i forhold til nåtiden? Forskere har begynt å se på hvorvidt det er bedre å tilpasse dagens klima enn et usikkert framtidsscenario (Dessai og Hulme, 2004). Vi er ikke tilpasset dagens klima og dette blir synlig gjennom at det fattes vedtak som fører til økt sårbarhet i samfunnet i forhold naturhendelser. Når bygninger og infrastruktur plasseres i områder som er utsatte for naturhendelser kan man spørre seg om dette kunne vært unngått gjennom en nærmere vurdering av hvorvidt plasseringen er hensiktsmessig i forhold til lokale værforhold.

Kommunene sitter med et stort ansvar i arealplanleggingen med sin lokale forvaltning av Plan- og Bygningsloven (2008). Den lokale arealplanleggingen er viktig for samfunnsutviklingen og for lokaldemokratiet og det er mange hensyn som skal tas, men et større hensyn til dagens vær og klima kan synes å være nyttig for å minimere utsattheten til bygninger og infrastruktur, og i siste instans innbyggerne.

Nå kan man ikke unngå enhver form for sårbarhet for naturhendelser, men kostnadene knyttet til å ikke ta inn over seg dagens klima kan bli betydelige. Tall fra Norsk Naturska-

depool viser at i perioden 1980–2009 har det blitt utbetalt 8,1 milliarder kroner i erstatning for naturskader bare for private bygninger som ikke har tålt de påkjennningene naturen har påført de (Norsk Naturskadepool, 2011).

11.3 Mye kan gjøres allerede nå

Som vi har sett i kapitlene forut kan klimaendringer skape utfordringer for kulturminner, drikkevann og naturmiljøet. Dette ligger ikke bare i framtiden, men mange ting kan man se nærmere på nå. CIENS-instituttene og Bioforsk produserer og tilbyr mye kunnskap som kan være til nytte for norske kommuner. Vi har utstrakt forskning på alle områdene presentert i denne rapporten. I tillegg har vi lagt ut informasjon på hjemmesiden www.klimakommune.no hvor forskere gir informasjon og veiledning i forhold til spesifikke utfordringer rundt drikkevann, kulturminner og naturlandskap. Under er en tabell med de forskjellige instituttene og hva slags forskningsbasert kunnskap de kan tilby.

Instituttnavn	Klimakunnskap	Kontakt
CICERO – Senter for klimaforskning	Kunnskap om alle deler av klimaproblemet.	www.cicero.uio.no
Norsk institutt for by- og regionforskning (NIBR)	Kunnskap om styring, governance og politiske utfordringer knyttet til klimaendringer.	www.nibr.no
Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU)	Kunnskap om kulturminners risiko og sårbarhet i forhold til klimaendringer, og tiltak for å bevare kulturminnene.	www.niku.no
Norsk institutt for vannforskning (NIVA)	Kunnskap om hvordan klimaet påvirker vannmiljøet.	www.niva.no
Norsk institutt for naturforskning (NINA)	Kunnskap om areallbruk, naturressurser, naturinngrep, endringer i naturen og biologisk mangfold.	www.nina.no
Norsk institutt for luftforskning (NILU)	Kunnskap om prosesser og effekter av klimaendringer, atmosfærens sammensetning, luftkvalitet og miljøgifter.	www.nilu.no
Bioforsk	Kunnskap om landbruk, matproduksjon, plantehelse, miljø og ressursforvaltning.	www.bioforsk.no

Ofte er forskningspublikasjoner med tungt akademisk språk ikke så anvendelig når arbeid skal gjøres i kommunene, men det er mulig å etterspørre kunnskap og informasjon som er i en noe mer anvendelig form. Gjennom tilrettelagt forskningsinformasjon kan kommunene høste mye kunnskap som kan brukes i deres arbeid. Forskning kan ikke gi direkte råd om beslutninger, men den tilbyr kunnskap som kommunene kan bruke som en del av slitt beslutningsgrunnlag og derav fatte beslutninger som er tilpasset lokale forhold. I tillegg har DSB samlet mye forskning, råd og veiledere på sin portal for klimatilpasning. *NOU2010:10 Tilpassing til eit klima i endring – Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane* som ble lansert i november 2010 kan også være et nyttig verktøy i arbeidet med klimatilpasning.

Til syvende og sist er det viktig å huske på at det er kommunene som kjenner lokale forhold best og at det derfor hviler et ansvar på de for å fatte beslutninger som minimerer sårbarheten for kommunens innbyggere og verdier. Gjennom blant annet bruk av forskningsbasert kunnskap kan kommunene gjøre nettopp dette.

Litteratur

Amundsen, H., Berglund, F. og Westskog, H. (2010), Overcoming barriers to climate change adaptation – a question of multilevel governance?, *Environment and Planning C: Government and Policy*, Vol. 28, No. 2, s. 276-289.

Crabbé, P. og Robin, M. (2006), Institutional adaptation of water resource infrastructures to climate change in Eastern Ontario. *Climatic Change*, Vol. 78, s. 103-133.

Glaas, E., Jonsson, A., Hjerpe, M. og Andersson-Sko, Y. (2010), Managing climate change vulnerabilities: formal institutions and knowledge use as determinants of adaptive capacity at the local level in Sweden. *Local Environment*, Vol. 15, No. 6, s. 525-539.

Dessai, S. og Hulme, M. (2004), Does Climate Adaptation Policy need Probabilities? *Climate Policy*, Vol. 4, No. 2, s. 107-128.

Juhola, S. (2010), Mainstreaming climate change adaptation. I: Keskitalo, E.C.H. (ed) *Developing adaptation policy and practice in Europe: Multilevel governance of climate change*. Springer, London, s. 149-188.

Keskitalo, E.C.H., Dannevig, H., Hovelsrud, G.K., West, J.J. og Gerger Swartling, Å. (2010), Adaptive capacity determinants in developed states: examples from the Nordic countries and Russia. *Regional Environmental Change*, Vol. 11, No. 3, s. 579-592.

Keskitalo, E.C.H. (2010), Climate Change, Vulnerability and Adaptive Capacity in a Multi-use Forest Municipality in Northern Sweden. I: Hovelsrud, G.K. og Smit, B. (eds.), *Community Adaptation and Vulnerability in the Arctic Regions*. Springer, London, s. 285-312.

Norsk Naturskadepool, 2011. Oversikt over fordeling av naturskader.
www.naturskade.no/no/hoved/statistikk/

NOU2010:10 (2010), *Tilpassing til eit klima i endring – Samfunnet si sårbarheit til og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane*. Servicesenteret for departementa, Informasjonsforvaltning, Oslo.

Plan- og Bygningsloven 2008. (2008), Oslo: Miljøverndepartementet. www.lovdata.no/cgi-wift/wiftldles?doc=/app/gratis/www/docroot/all/nl-20080627-071.html&emne=lov%20om%20planlegging%20og%20%2b%20byggesaksbehandling&

Roberts, D. (2008), Thinking globally, acting locally—Institutionalizing climate change at the local government level in Durban, South Africa. *Environment and Urbanization*, Vol. 20, No. 2, 521-553.

12 Forskningsresultater så langt

Redigert av

Ilan Kelman, CICERO Senter for klimaforskning (ilan.kelman@cicero.uio.no)

Oversatt av

Trude Rauken, CICERO Senter for klimaforskning (trude.rauken@cicero.uio.no)

Nøkkelpunkter

- Forskningsresultatene fra dette forskningsprosjektet kan deles in i fire hovedkategorier:
 1. Drikkevann
 2. Kulturarv
 3. Naturmiljø
 4. Beslutningstaking i kommuner under klimaendringer
- I dette kapitlet presenteres forskjellige forskningsresultater fra prosjektet.

Framskrivninger for klimaendringer sier at Norge sannsynligvis vil oppleve varmere, våtere og villere vær. Samtidig er det stor usikkerhet knyttet til framskrivningene spesielt hva gjelder lokale og sektorielle virkninger. Derfor fokuserer dette prosjektet på tre sektorer på kommunalt nivå – drikkevann, kulturarv og naturmiljø – for å bedre forstå kommunal beslutningstaking under klimaendringer.

12.1 Drikkevann

Potensielle effekter av klimaendringer på avrenning og tap av næringsstoffer og jordsmonn ble undersøkt for nedbørsfelt som kunne påvirke kvaliteten på drikkevannskilder. Fire varierte landbruksdominerte nedbørsfelt ble valgt ut fra Agricultural Environmental Monitoring Programme in Norway (JOVA): Hotran, Time, Skas-Heigre, og Skuterud. Her finnes lange tidsserier på avrenning og tap av næringsstoffer og jordsmonn fra landbruksdominerte nedbørsfelt. I tillegg er detaljert informasjon om landbrukspraksis og klimatologiske data tilgjengelig. Lange tidsserier, som de som er samlet inn i JOVA-prosjektet er sjeldne, men uunnværlige når man skal evaluere potensielle effekter av klimaendringer.

Resultatene av de undersøkelsene som ble gjort i disse nedbørsfeltene viser at klimaendringer kan komme til å lede til økt avrenning. Ved samme bruk av areal og landbruksmetoder vil dette mest sannsynlig føre til en økning i tap av næringsstoffer og jordsmonn. Denne situasjonen øker behovet for å forbedre landbruksmetoder (f.eks. gjødsling og pløying) og fordrøyningsystemer (f.eks. buffere, våtmark), samtidig som man bedre kontrollerer overflateavrenning. Lovendringer burde vurderes for å endre produksjonssystemer og landbruksaktiviteter slik at både tap av næringsstoffer til vann og utslipp av drivhusgasser blir redusert.

I tillegg ble effekten av nedbør på mengde fekale (avføring) indikatorbakterier og parasitiske protozoer (*Cryptosporidium* og *Giardia*) tilført overflatevann undersøkt i to nedbørsfelt i den sørøstlige delen av Norge. De to områdene var en liten elv/nedbørsfelt med beitende husdyr i området ved Oslo Lufthavn, Gardermoen og de viktigste innløpene til Gjersjøen. Resultatene viser at klimaendringer sannsynligvis vil føre til en økning i tilføring av fekale og potensielle smittebærende mikroorganismer i drikkevannskilder. Uten adekvate modifiseringer av vannbehandlingsmetoder vil faren for vannbårne infeksjoner sannsynligvis gå opp.

Videre har det vært en signifikant økning i oppløst organisk stoff og farge i flere norske overflatevann i løpet av de siste tiårene. Situasjonen er forventet å forverres på grunn av klimaendringer. En konsekvens av dette er at flere norske vannbehandlingsanlegg vil trenge rutiner for å fjerne organisk stoff i vannbehandlingsprosessen. Sterkere beskyttelse av drikkevannskilder, herunder implementering av begrensninger for menneskelig ferdsel og landbruksaktiviteter i nedbørsfelt er et viktig virkemiddel. Vannbehandling og desinfeksjon, spesielt behandlinger som også er effektive mot klorresistente parasittiske protozoer vil være nødvendig for å kompensere for forringet råvannskvalitet.

12.2 Kulturarv

Gjennom å bruke framskrivninger for klima i Norge, som viser forventet nedbør og temperatur, har det blitt gjort beregninger for faren for økt degradering av kulturarv i forskjellige deler av landet. Forskerne har undersøkt virkningen av klimaendringer på forskjellige typer nedbryting i trematerialer som sopp- og insektangrep og på saltkrystallisering og frostskaider på steinbygninger. I tillegg har de sett på hvordan havnivåstigning og flommer påvirker arkeologisk materiale. Resultatene er presentert i et brukervennlig format for kommunal planlegging av restaurering og vedlikehold av kulturarv i framtiden i Norge på www.klimakommune.no.

For videre å undersøke hvordan klimaendringer kan virke på kulturarv ble det sett på forventet endring i vedlikeholdskostnader fra bygningsfasadekorrosjon ved klimaendringer kombinert med mulig redusert luftforurensning. Metaller og stein ble bruk som indikatormaterialer. Temperaturøkninger i Oslo og Bergen vil sannsynligvis føre til økte vedlikeholdskostnader for bygningsfasader. Ved å redusere de totale konsentrasjonene av luftforurensning med 20–50 % vil man sannsynligvis kompensere for økt korrosjon fra forventede klimaendringer i dette århundre.

I tillegg til å redusere luftforurensning kan man også overvåke degradering av bygningsfasader, justere av bygningsstandarder og retningslinjer og bruke passende materialer og byggeteknikker for å tilpasse seg atmosfærisk korrosjon. I urbane områder spesielt er det forventet at utslipp av luftforurensning fra trafikk og vedfyring vil fortsette.

I det store og hele er det viktigste for å beskytte Norges historiske monumenter fra klimaendringer er å være oppmerksom på og håndtere kommende problemer. Det er tre hovedutfordringer når man skal analysere og handle i forhold til virkningene av klimaendringer på kulturarv i Norge: Å vite hvilke virkninger som spiller en rolle; å identifisere nødvendige tiltak; og å formidle kunnskap om nødvendige tiltak til befolkningen og eiere av kulturarv.

For å overkomme disse utfordringene og å sørge for en positiv og praktisk innvirkning på det lokale nivået ble det utviklet en trinn-for-trinn metode for å håndtere klimaendringer. Denne komplementerer de nettbaserte faktaarkene for eiere og forvaltere. Ved å følge metoden skal det være mulig å avdekke og motvirke faresignaler fra klimarelaterte problemer. Videre burde forvaltning av kulturarv bli inkludert på alle nivåer av beredskapsplanlegging – lokalt, regionalt og nasjonalt – for å være sikker på at Norges kulturarv unngår indirekte effekter av beredskapsplanlegging for klimaendringer som blir gjort i andre sektorer.

12.3 Naturmiljø

Norges elvesletter har et rikt og unikt naturmiljø som sannsynligvis vil bli påvirket av klimaendringer. Forskerne har sett på bevaring av biologisk mangfold gjennom å forvalte

elvesletter i sannsynlige scenarier for klimaendringer. Tjue små vannkilder på elveslettene ved Flisa, ved Glomma, ble undersøkt for forekomster av krepsdyr og vannbiller. Både i nasjonal og regional sammenheng var forekomsten høy og den inkluderte mange truede og potensielt truede arter.

På grunn av effekter av klimaendringer kan vi forvente oss oftere og mindre forutsigbare flommer i framtiden. Disse flommene kan komme til å søke å reetablere tilknytning mellom små vannkilder som nå er separert. Samfunnet kan komme til å kreve økt bruk av fysisk flomvern framfor å la elvesletter lagre vann og redusere flomskader. Dette har en tendens til å skade biologisk mangfold på elveslettene. Det å vurdere ikke-fysisk flomvern, som for eksempel å utvide elvesletter hvor utvikling ikke er tillatt samt nye forsikrings- og erstatningsordninger, kan bli viktige virkemidler for å «gi elvene plass» i framtiden. Dette burde spesielt fokusere på økologiske prinsipper for å komme både økosystemer og samfunn langs elvene til gode.

12.4 Kommunal myndighetsutøvelse under klimaendringer

Hvordan blir kommuner styrt i forhold til klimaendringer? Forskerne har undersøkt informasjonsnettverk tilgjengelig for ordførere og miljøvernkonsulenter i kommuneadministrasjonen i en kvantitativ undersøkelse.

De viktigste informasjonskildene for norske ordførere er forskning, Fylkesmannens miljøavdeling og kommunens miljøvernkonsulenter. Forskingen står spesielt sterkt blant kvinnelige ordførere, blant dem som jobber i sentrale kommuner og som har utdanning innen humaniora og miljø. For miljøvernkonsulenter er de viktigste kontaktene hos Fylkesmannen og i andre kommuner. Høyere utdanning er koblet til økt interaksjon med aktører i andre offentlige sektorer.

Videre hadde miljøvernkonsulenter som var ansatt som dette på heltid bredere informasjonsnettverk enn de som kun jobbet med dette på deltid. Dette burde motivere videre forskning på hvorvidt sentrale myndigheters finansiering av heltidsansatte miljøvernkonsulenter kunne gi næring til mer effektiv lokal klimatilpasningspolitikk.

Men til tross for klare vitenskapelige resultater og klar formidling av disse kan kommunale beslutningstakere komme til å ta med flere kriterier når klimaendringer skal behandles i kommunen. Lokalpolitikk, lokale-nasjonale forhold og overnasjonal påvirkning er eksempler på andre momenter som påvirker håndtering av klimaendringer. For eksempel, når lite oppmerksomhet gis til tilpasning til klimaendringer på sentralt nivå, er det sannsynlig at lokalt nivå vil følge etter. Videre blir usikkerheten i framskrivningene for lokale klimaendringer brukt for å rettferdiggjøre det å ikke gjøre noe ting. I tillegg er det få økonomiske insentiver for å tenke framover når det gjelder klima, eller til å i det hele tatt vurdere dagens klima i kommunal beslutningstaking.

12.5 Oppsummering

Der hvor kommuner blir pålagt å håndtere klimaendringer ser man resultater. Obligatoriske ROS-analyser for beredskapsplanlegging og arealplanlegging forbereder kommuner for potensielle utfordringer fra klimaendringer.

Dette forskningsprosjektet har hjulpet til med å skaffe til veie videre informasjon, forslag, veivisning og metoder som kommuner kan ta i bruk for å håndtere klimaendringer. Gjennom å fokusere på drikkevann, kulturarv og naturmiljø har dette prosjektet og forskningen som har resultert gitt et grunnlag for andre sektorer slik at kommuner bedre kan styre under klimaendringer.

13 Framtidig forskningsagenda: Klimaendringer og norske kommuner

Redigert av

Ilan Kelman, CICERO Senter for klimaforskning (ilan.kelman@cicero.uio.no)

Oversatt av

Trude Rauken, CICERO Senter for klimaforskning (trude.rauken@cicero.uio.no)

Nøkkelpunkter

- Forskningsområder som trenger ytterligere fokus faller i tre hovedkategorier:
 1. Prosesser som påvirker landskap og vannmiljø
 2. Prosesser som påvirker det bygde miljøet
 3. Prosesser som påvirker beslutningstaking
- Her presenteres spesifikke forslag på hvordan forskning på klimaendringer og norske kommuner kan fortsette

13.1 Prosesser som påvirker landskap og vannmiljø

Jordbruksarealer i Norge bidrar til og påvirker kommuner på mange måter, gjennom å gi livsgrunnlag og matproduksjon, samtidig som det påvirker vannkvaliteten. God vannkvalitet er ikke bare nødvendig for drikkevann, men også for irrigasjon og rekreasjon. Virkningene av klimaendringer og ekstremvær på avrenning og tap av næringsstoffer fra jordbruksdominerte nedbørsfelt er noe vi ennå ikke har et komplett bilde av. Det samme gjelder kunnskap om hvordan klimaendringer påvirker transport av fekale mikroorganismer og potensielle patogener inn i norske vannkilder.

Transportveiene for vann, næringsstoffer og jordpartikler er ikke fullt ut kartlagt. Med mer kunnskap om disse temaene kan forvaltningsalternativer bli utviklet, testet og forbedret. Eksempler på dette er design og bruk av teknikker for å kontrollere erosjon, overflateavrenning og andre strømningsveier for vann.

Et annet kunnskapshull finnes i design av avrenningssystemer som ligger under overflata, noe som uunnværlig for landbruksproduksjon i nesten hele Norge. Disse har tre viktige funksjoner for norsk landbruk: (1) å sørge for optimale avlingsforhold gjennom vekstsesongen; (2) å muliggjøre tidlig bearbeiding av jorden om våren; og (3) å legge til rette for innhøsting på sensommeren. I tillegg fører disse avrenningssystemene plantenæring, spesielt nitrogen, inn i åpne vannsystemer. Samtidig påvirker bortledning av vann for kontrollere fuktighetsnivået utslipp av nitrogenoksid, en potent drivhusgass. Det å balansere optimale vekstforhold med mot minimering av tap av næringsstoffer til åpne vannsystemer og utslipp av nitrogenoksid i atmosfæren er en utfordrende oppgave som trenger ytterligere oppmerksomhet.

Et annet felt som også trenger ytterligere vitenskapelig fokus er bruk av regionale nedskalerte klimamodeller gjennom casestudier. Dette arbeidet vil bedre forståelsen av de detaljerte framskrivningene for lokale effekter av klimaendringer, som for eksempel frysetinesykluser, erosjonseffekter og frekvens og styrke på ekstreme nedbørshendelser. Denne typen informasjon er nødvendig input når det skal gjøres modellering av hydrologiske og arealmessige forhold. Det vil også gi praktiske anbefalinger for bønder og planleggere i beslutninger om å endre avlinger eller begrense/tillate forskjellige praksiser innen landbruk.

Mer forskning på biologiske prosesser ville hjelpe. Prioritering forbedres gjennom forståelse av de underliggende mekanismene som forklarer det høye antallet arter og variasjonen i antall arter i forskjellige innsjøer, elver og tilknyttede økosystemer. Denne forståelsen vil kunne bidra til å utvikle og teste alternative og realistiske forvaltningsstrategier for å bevare biologisk mangfold under klimaendringer.

Transportveier for vann og jord, og biologiske prosesser, vil påvirke kulturlandskapet og kulturarv. Hvordan klimaendringer vil påvirke kulturlandskapet og implikasjonene for budsjetter og vedlikeholdsplaner for forvaltning av kulturarv i lys av disse transportveiene så langt noe det ikke er et klart bilde på. Det er et behov for overvåkingsopplegg og data-serier som kan dokumentere hvordan endring skjer på alle nivåer, fra endringer i jord til endring i jordkjemi på steder med kulturarv.

13.2 Prosesser som påvirker det bygde miljøet

Bygninger vil bli tydelig påvirket av klimaendringer gjennom økt fuktighetsrelatert forringelse. Videre forskning relatert til overvåking og tidlige tegn på biologisk forråtning i trebygninger er nødvendig, spesielt in-situ beregninger. I tillegg er det behov for in-situ undersøkelser av klimaendringsrelatert utvikling av saltkrystallisering og frostskafer i stein-konstruksjoner.

Noe som har høy prioritet i forskningen på dette er metoder og verktøy som kan måle effekten av mikroklimaet på forventet forringelse av bygningsfasader. Fokuset vil da være på å bruke spesialdesignede sensitive treprøver for å måle variasjon i påvirkning av mikroklima (forringelse) gjennom, for eksempel, på forskjellige steder på en konstruksjon. Denne type data kunne kobles til data som går evaluering av tilstanden til bygningen og med generelle klima- og klimaendringsdata. Dette ville bidra til vurdering den sannsynlige endringen i klimapåvirkning på bygningen/konstruksjonen i forhold til sårbarhet og hvor på bygningen kritiske skader kan oppstå.

Det som ville vært til spesielt stor hjelp ville være casestudier av forventet forringelse på utvalgte konstruksjoner på grunn av klimaendringer, herunder effektene av mulige tilpasningstiltak. Studiene burde inkludere den institusjonelle konteksten for forvaltning av konstruksjonen(e) og for implementering av mulige tiltak, herunder kostnadsoverslag.

Det er også behov for å studere forskjellene by bygningsprosessene og design avhengig av lokalt klima og klimabelastning i Norge. En komponent i dette arbeidet burde fokusere på hvordan man effektivt kan integrere tilpasningsprosesser inn i prosedyrer og forskrifter for bygging i Norge, både lokalt og nasjonalt.

I henhold til vanndirektivet må kommuner sørge for at vannforekomster oppnår god økologisk og kjemisk tilstand. Dette vil kreve omfattende tiltak i mange kommuner, blant annet innen avløpssektoren og innen landbruk. Flere episoder med kraftig nedbør som følge av klimaendringer, med økte utslipp og lekkasjer fra kloakkanlegg og økt avrenning fra landbruksområder, vil forsterke behovet for tiltak. For å vurdere mest mulig effektive tiltak vil det være behov for mer kunnskap om hvordan ulike værforhold/endret klima vil påvirke tilførselen av uønskede stoffer (organisk materiale, næringsstoffer, sykdomsfremkallende mikroorganismer, miljøgifter) fra ulike omgivelser (urbane områder, jordbruksområder, «uberørte» områder etc.) til vannforekomster. Det er behov for mer kunnskap om hvordan drikkevannsbehandlingen bør optimaliseres for å takle framtidige utfordringer, inkludert mulig oppblomstring av cyanobakterier, samt god prosessstyring for å takle mer variabel råvannskvalitet. Innen forskning bør det også

fokuseres på sykdomsfremkallende mikroorganismer som kan vokse i vannmiljøet, spesielt dersom de vokser i vannrør og installasjoner etter vannbehandlingen. Effekt av klimaendringer på mulig innlekking av forurenset vann under distribusjon av drikkevann bør også kartlegges bedre.

13.3 Prosesser som påvirker myndighetsutøvelse

Mange anbefalinger som går på lokale myndigheters beslutningstaking rundt klimaendringer kan trekke veksler på tilpassede former for beslutningstaking rundt implementering og overvåking. Likevel burde ikke lover, reguleringer og frivillige opplegg bli implementert uten nøye gjennomgang. En bedre forståelse av hvordan norske kommuner håndterer ekstremvær og klimaendringer nå, og hvordan de kan komme til å respondere på forskjellige mekanismer designet for å bedre situasjonene, vil styrke kunnskapen om hva som fungerer.

Dette inkluderer forståelse av interaksjonen mellom forskjellige myndighetsutøvere. Dette gjelder horisontalt, som overlapp i beslutningstaking mellom kommuner, og vertikalt, forholdene mellom myndighetsnivåer, som fra EU ned til kommunene.

Dette arbeidet ville innebære å undersøke norske kommuners nåværende rolle i håndtering av politikk for klimaendringer og ekstremvær i praksis. Forskere må også forstå hva kommuner og kommuneansatte trenger og ønsker seg fra forskningen på dette temaet. Forskningsprosjekter burde inkludere brukere fra begynnelsen og burde gi tid til kommuneansatte til å bidra til utforming av de forskningsspørsmålene som skal gis svar.

Innenfor denne konteksten er to andre spørsmål som ikke er fullt ut besvart, gitt at kommuner ikke er tilpasset til å håndtere dagens klima. For det første, dersom det er bedre å tilpasse seg nåtidens klima (som vi kjenner) enn å forsøke å tilpasse seg et framtidig klima (med alle iboende usikkerheter), hva betyr det å tilpasse seg dagens klima? Hva er det som mangler i håndteringen av dagens klima på kommunalt nivå?

For det andre, det er nødvendig med bedre kostnadsoverslag—herunder en «business as usual»-tilnærming. Dette vil støtte beslutningstaking under den usikkerheten som kommer med klimaendringer, og videre støtte kommuner i håndteringen av klimaendringer på lokalt nivå i Norge.

13.4 Oppsummering

Klimaendringer vil fortsatt være noe som må håndteres på alle myndighetsnivåer også i framtiden. Kunnskap blir hele tiden oppdatert og trenger å bli oppdatert—samtidig som man forsikrer seg om at den er nyttig for dem som trenger å utforme politikk og implementere tiltak. Den forskningsagendaen som er presentert her springer ut fra dette forskningsprosjektets anerkjennelse av at et enkelt prosjekt ikke kan oppnå alt. I stedet har det blitt lagt et grunnlag for et fortsatt arbeid med norske kommuner for å bruke forskning i håndteringen av klimaendringer, med fokus på landskap, vann, det bygde miljøet og myndighetsutøvelse.

CIENS

Forskningscenter for miljø og samfunn

Oslo Centre for Interdisciplinary
Environmental and Social Research

Post- og besøksadresse:

CIENS

Gaustadalléen 21

0349 OSLO

Tel.: +47 22 18 51 00

Fax: +47 22 18 52 00

www.ciens.no

Print: CopyCat AS

ISSN: 1890-4572

ISBN: 978-82-92935-01-9