

HiT skrift nr 6/2012

Klima i det 21. århundre i sydøstlige Norge med fokus på kystområdene

Inger Hanssen-Bauer

Fakultet for allmennvitenskapelige fag (Bø)

**Høgskolen i Telemark
Porsgrunn 2012**

HiT skrift nr 6/2012

ISBN 978-82-7206-351-0 (trykt)

ISBN 978-82-7206-352-7 (online)

ISSN 1501-8539 (trykt)

ISSN 1503-3767 (online)

Serietittel: *HiT skrift* eller *HiT Publication*

Høgskolen i Telemark

Postboks 203

3901 Porsgrunn

Telefon 35 57 50 00

Telefaks 35 57 50 01

<http://www.hit.no/>

Trykk: Kopisenteret. HiT-Bø

© Forfatteren/Høgskolen i Telemark

Det må ikke kopieres fra rapporten i strid med åndsverkloven og fotografiloven, eller i strid med avtaler om kopiering inngått med KOPINOR, interesseorganisasjon for rettighetshavere til åndsverk

Forord

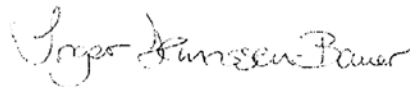
Denne rapporten er utarbeidet i prosjektet «Hav møter Land», arbeidsgruppe 1 «Klima». Formålet er å bidra med relevant informasjon om klima i fortid, nåtid og fremtid for de norske områdene som omfattes av prosjektet, det vil si østlige deler av Syd-Norge og havområdene utenfor.

Jeg er eneforfatter på rapporten og har derfor selv ansvaret for alle feil som måtte ha sneket seg inn. Jeg vil imidlertid takke for nyttige kommentarer og forslag underveis fra:

Karin Borenäs ved SMHI
Karsten Bustenshön hos Fylkesmannen i Østfold
Erik Engström ved SMHI
Peter Grønkjær ved Århus Universitet
Jonathan Havenhand ved Universitetet i Göteborg

Wilhelm Gårdmark, Lansstyrelsen i Vestra Götlands län, har hatt hovedansvar for layout og lansering av rapporten.

Bø i Telemark, juni 2012



Inger Hanssen-Bauer

Innhold

Sammendrag	3
Innledning	5
1. Dagens klima og klimaet de siste 100 år	6
1.2 Data og metoder	6
1.2 Lufttemperatur	6
1.2.1 Dagens klima.....	6
1.2.2 Klimaet de siste 100 år.....	8
1.3 Nedbør	11
1.3.1 Dagens klima.....	11
1.3.2 Klimaet de siste 100 år.....	13
1.4 Snø.....	16
1.5 Vannføring og flom	16
1.6 Vind	17
1.7 Havklima	17
1.7.1 Havsirkulasjon og temperatur	17
1.7.2 Havnivå	19
2. Fremtidsklima	21
2.1 Data og metoder	21
2.2 Lufttemperatur	21
2.3 Nedbør	24
2.4 Snø.....	27
2.5 Vannføring, flom og tørke.....	28
2.6 Jorderosjon	29
2.7 Vind og bølger.....	29
2.8 Havklima	31
2.8.1 Havsirkulasjon	31
2.8.2 Temperatur	31
2.8.3 Forsuring	32
2.8.4 Havnivå	33
3. Oppsummering og konklusjoner.....	37
4. Litteratur	38

Sammendrag

Den globale oppvarmingen som forventes frem mot år 2100 som følge av økte utslipp av drivhusgasser, beregnes å påvirke klimaet i syd-østre deler av Norge betydelig. Denne rapporten omhandler hvilke endringer modellberegninger gir i temperatur i luft og hav, nedbør, snø og isforhold, avrenning og flom, vind, bølger og havnivå for disse områdene, og setter dem inn i et historisk perspektiv.

Ifølge en middels høy klimafremskrivning beregnes lufttemperaturen i syd-østre deler av Norge i gjennomsnitt å øke med 3,4 °C i et fra perioden 1961-1990 til 2071-2100. Vintertemperaturen beregnes å øke med 4,5 °C, vårtemperaturen med 3,2, sommertemperaturen med 2,5 og høsttemperaturen med 3,6 °C. Lave klimafremskrivninger gir 1 til 1,5 grader lavere oppvarming i et hundreårs perspektiv, mens høye fremskrivninger gir 1,5 til 2 grader større oppvarming. Området hadde en temperaturøkning også igjennom det 20. århundret. Den gjennomsnittlige beregnede oppvarmingen for det 21. århundret er imidlertid nesten fire ganger så stor som den området opplevde gjennom det 20. århundre.

Gjennomsnittlig årsnedbør beregnes stort sett å øke i området gjennom det 21. århundret. Et middels høyt scenarium gir en økning i årsnedbøren på ca. 12% i østlige deler av området og 8,5% på Sørlandet. Disse verdiene er sammenlignbare med observert nedbørøkning gjennom det 20. århundre. Nedbøren beregnes stort sett å øke høst, vinter og vår, mens sommernedbøren beregnes å avta i et flertall av fremskrivningene. Antall episoder med intens nedbør beregnes i gjennomsnitt å øke i alle årstider – også om sommeren.

Flommønsteret beregnes å endres utover i dette århundret. Smeltevannsflommene vil gjerne komme tidligere om våren, og kan etterhvert i gjennomsnitt bli noe mindre enn de har vært. Til gjengjeld vil det kunne forekomme flere kombinasjonsflommer i mildværsperioder med kraftig nedbør sent på høsten og om vinteren. Generelt ventes faren for regnflommer i forbindelse med intens nedbør å øke. Dette gjelder særlig i små, bratte nedbørfelt, og i urbane områder. På Østlandet og Sørlandet beregnes også økt fare for tørke om sommeren, fordi nedbøren beregnes å komme mer konsentrert, og fordi fordampningen øker.

Det beregnes kun små endringer i gjennomsnittlig vindhastighet over det aktuelle området. Det er likevel tegn til at episoder med høy vindhastighet kan forekomme hyppigere. Vindhastigheter som i dag har 5 års returverdi vil kunne forekomme dobbelt så hyppig over deler av Skagerak ifølge et gjennomsnitt av 8 modeller. I så fall vil også høyden av ekstreme bølger øke over dette området.

Ifølge en middels høy klimafremskrivning beregnes havnivået langs kysten fra Vest-Agder til Østfold å stige med mellom 40-80 cm i løpet av det 21. århundret. Lavest verdi beregnes innerst i Oslofjorden, og høyest verdi i Vest-Agder. Usikkerheten rundt disse verdiene er stor, både fordi det er usikkert hvor mye endringer i is-volumene på Grønland og i Antarktis vil endre seg, og på grunn av usikkerhet regional fordeling og landhevning.

Det er ikke gjort beregninger av jorderosjon i denne rapporten, men kvalitativt sett

er det flere trekk ved klimafremskrivningene som ventes å føre til økt erosjon. Dette gjelder den generelle nedbørøkningen høst og vinter og den beregnede økningen i ekstremnedbør. Ved kysten kommer i tillegg økt havnivå og muligheter for økt bølgehøyde i ekstremværssituasjoner.

Det finnes adskillig færre modellberegninger av temperaturøkningen i havet enn det gjør for atmosfæren. Et middelshøyt scenarium for Nordsjøen gir en gjennomsnittlig oppvarming på 1,4 grader i løpet av hundreårsperioden fra slutten av det 20. til slutten av det 21. århundre.. Oppvarmingen beregnes å være er sterkest i mai med 1,8 grader og svakest i november med 1,0. Overflaten beregnes å varmes opp mer enn resten av vannsøylen (årsmiddel 1,7 grader).

Økte CO₂-utslipp vil føre til reduserte pH-verdier i havet. Reduksjonen beregnes å bli inntil 0,4 pH-enheter frem mot slutten av det 21. århundret.

Emneord: Klimavariasjoner siste 100 år, klimascenarier neste 100 år, kystområder i Sør- og Øst-Norge

Innledning

Menneskeskapte utslipp av drivhusgasser beregnes å føre til en gjennomsnittlig oppvarming av luften nær bakken på mellom 1 og 6 °C i løpet av det 21. århundret (IPCC, 2007). Det beregnes også en betydelig økning i havtemperaturen, særlig i de øvre vannlagene. Den globale oppvarmingen vil høyst sannsynlig føre med seg endringer i sirkulasjonsmønstrene i atmosfære og hav, i nedbørfordeling, utbredelse av isbreer og havis, og i havnivå. Globale klimamodeller kan benyttes til å beregne sannsynlige klimaendringer på stor skala, men for å vurdere hvordan de globale endringene kan slå ut regionalt og lokalt er det nødvendig å «nedskalere» resultatene fra de globale modellene. For å tolke modellresultatene på en fornuftig måte er det dessuten viktig å se dem i sammenheng med historisk klimautvikling og naturlig klimavariabilitet i de aktuelle områdene.

Denne rapporten, som er utarbeidet i prosjektet «Hav møter Land», har som formål å bidra med relevant informasjon om klima i fortid, nåtid og fremtid for de norske områdene som omfattes av prosjektet, det vil si østlige deler av Syd-Norge, og havområdene utenfor. Rapporten omfatter både atmosfæriske, hydrologiske og en del oseanografiske klimavariabler.

Rapporten bygger i stor grad på Hanssen-Bauer m. fl. (2009), som dannet det klimavitenskaplige grunnlaget for den norske offentlige utredningen om klimatilpasning (NOU, 2010). Datagrunnlaget i er imidlertid oppdatert. Denne rapporten omfatter dessuten mer detaljert klimainformasjon fra Østlandet og Sørlandet, særlig fra kystområdene.

Rapporten er organisert slik at kapittel 2 omhandler dagens klima og historisk klimautvikling, mens kapittel 3 omhandler fremtidsklima.

I. Dagens klima og klimaet de siste 100 år

I.2 Data og metoder

De atmosfæriske klimadataene som er benyttet som grunnlag i denne rapporten er hentet fra norsk Meteorologisk institutts (met.no's) klimadatabase, og er fritt tilgjengelige via [eKlima](#). Hydrologiske data og beregninger er hentet fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Marina data og beregninger er hentet fra Havforskningsinstituttet (HI). Dataene er dels brukt direkte i til å beskrive klimaet ved utvalgte målestasjoner. Dels er de brukt som grunnlag for gridbaserte kart som viser romlig variasjon, og for beregning av regional klimautvikling. Beregningen av gridbaserte kart er beskrevet av Tveito m. fl. (1997, 2000), mens Hanssen-Bauer m. fl. (2006) har beskrevet metoder for beregning av regional klimautvikling.

For å beskrive tidsvariasjon av klimavariabler brukes både års- og sesongverdier, der «vinter» er definert som perioden desember-februar, «vår» er mars-mai, «sommer» er juni-august og «høst» er september-november. Tidsseriene er dels presentert direkte, dels som glattede serier der variasjoner på henholdsvis 10-års og 30-års tidsskala kommer frem. Filtrene som er brukt er beskrevet i Hanssen-Bauer & Nordli (1998). Det er også vist lineære trender for en del variabler. Der det er oppgitt signifikansnivå for endringer er det Mann-Kendalls ikke-parametriske test som er benyttet (Sneyers, 1995).

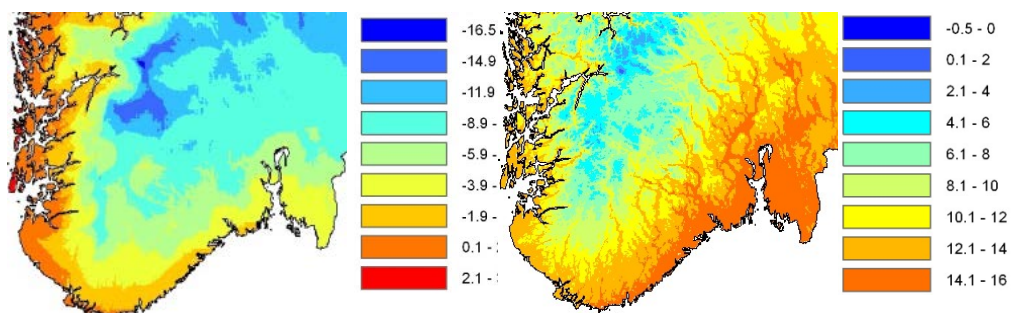
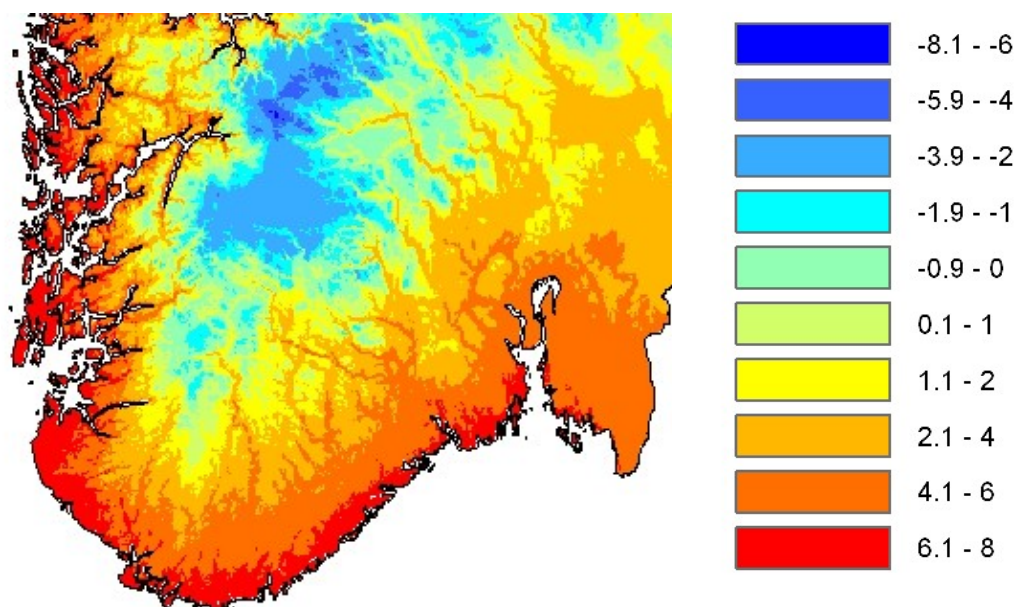
I.2 Lufttemperatur

I.2.1 Dagens klima

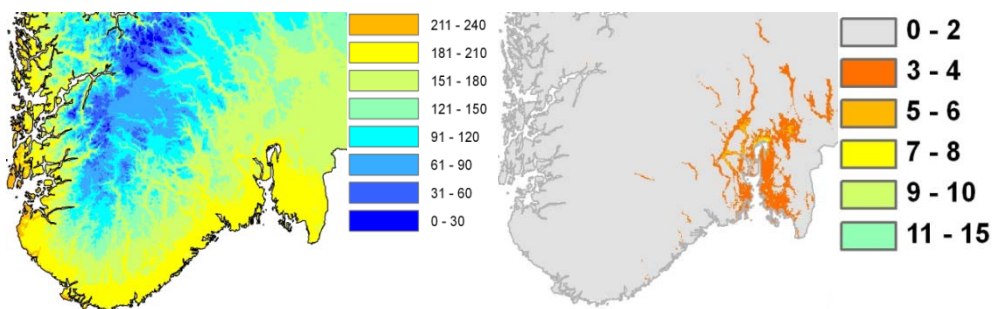
Store forskjeller i innstrålt solenergi mellom ekvator og polområdene fører til at klimaet jevnt over er kaldere ved høye enn ved lave breddegrader. Sirkulasjon i hav og atmosfære motvirker hele tiden disse forskjellene ved å frakte energi fra lave til høye breddegrader: Varmt vann og varm luft strømmer nordover, mens kaldt vann og kald luft strømmer sydover. Disse strømmingene følger i stor grad nokså faste mønstre, som er knyttet til land-havfordeling, topografi og jordens rotasjon. Dette gjør at det blir stor variasjon i temperaturforholdene på en og samme breddegrad. I havet vest for Norge bringer Den norske Atlanterhavsstrømmen varmt vann fra Golfstrømmen til nordlige havområder. Norge ligger dessuten i det såkalte «vestavindsfeltet», der luftstrømmen i gjennomsnitt kommer fra varmere områder i sydvest. Varmetransport i hav og atmosfære gjør at vintertemperaturen i kystnære områder av Norge er 10-20 °C varmere enn gjennomsnittet for breddegraden, mens årsmiddeltemperaturen er 5-10 °C varmere.

Figur 1 er basert på «normalperioden» 1961-1990. Den viser at årsmiddeltemperatur i sydlige deler av Norge avtar fra kysten og innover i landet. I Syd-Norge er det kun fjellområdene som har årsmiddeltemperatur lavere enn 0 °C. Høyest årsmiddeltemperatur (over 7 °C) finnes ved kysten av Vest- og Sørlandet. Årsmiddeltemperaturen langs kysten avtar østover og nordover, og i indre

Oslofjorden er den noe under 6 °C. Nordiske temperaturkart (Tveito m. fl. 2000) viser at temperaturen igjen øker syddover den svenske vestkysten fra omtrent 6 °C ved grensen mellom Norge og Sverige til over 7 °C i syd. Langs hele den danske kysten er årsmiddeltemperaturen høyere enn 7 °C.



Figur 1 Gjennomsnittlig årstemperatur (øverst), vintertemperatur (nederst, venstre) og sommertemperatur (nederst, høyre) i sydlige deler av Norge i perioden 1961-1990



Figur 2 Gjennomsnittlig antall dager per år med middeltemperatur over 5 °C (venstre) og over 20 °C (høyre) i sydlige deler av Norge i perioden 1961-1990

Både vinter og sommer er det også en tendens til at gjennomsnittstemperaturen avtar innover i landet (Figur 1, nedre panel). Om vinteren er det vestlige kyststrøk som er mildest, med sesonggjennomsnitt over 0 °C, mens kystområdene fra Aust-Agder og østover stort sett har vintergjennomsnitt under 0 °C. Innerst i Oslofjorden er gjennomsnittlig vintertemperatur ca -3 °C ved kysten. Innover i landet avtar vintertemperaturen raskt med avstand fra kyst. Om sommeren er det de østlige kystnære områdene som er varmest, med gjennomsnittstemperaturer på 15-16 °C. På Østlandet finnes slike sommertemperaturer også i lavlandet innover fra kysten. Langs sørvestlige kyststrøk er gjennomsnittlig sommertemperatur et par grader lavere.

Tabell 1 viser normal måneds- og årsmiddeltemperatur ved utvalgte stasjoner nær kysten. Vi ser klart tendensen til gradvis kjøligere vintre og varmere somre fra vest mot øst. Merk at Jomfruland og særlig Oslo er litt mindre maritime enn de andre stasjonene og følgelig litt kjøligere om høsten og vinteren.

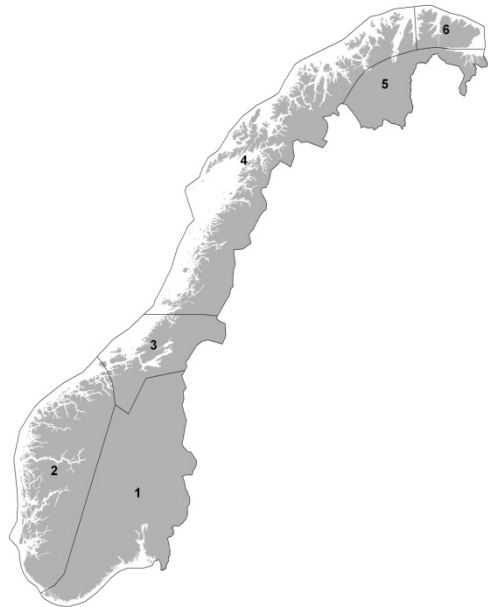
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	År
Oslo	-4,3	-4,0	-0,2	4,5	10,8	15,2	16,4	15,2	10,8	6,3	0,7	-3,1	5,7
Færder	-0,7	-1,5	0,9	4,5	10,0	14,8	16,5	16,2	12,9	9,2	4,6	1,4	7,4
Jomfrul.	-2,0	-2,2	1,0	4,5	10,0	14,5	16,5	15,7	12,0	8,0	3,5	0,0	6,8
Torungen	-0,3	-0,8	1,3	4,4	9,4	13,7	15,5	15,3	12,5	9,1	4,6	1,6	7,2
Oksøy	0,3	-0,3	1,6	4,5	9,3	13,3	15,2	15,2	12,5	9,3	5,0	2,1	7,3
Lista	1,0	0,5	2,2	4,9	9,2	12,4	13,9	14,6	12,2	9,4	5,5	2,7	7,4

Tabell 1 Måneds- og årsmiddeltemperatur (°C) for 1961-1990 ved utvalgte stasjoner

Vekstsesong for gress regnes ofte som perioden med døgnmiddeltemperatur over +5 °C (Førland m. fl. 2004). Venstre panel i Figur 2 viser at det er sørvestlige kyststrøk som har lengst sesong ifølge denne definisjonen. Når man ser på antall dager med middeltemperatur over 20 °C, er det imidlertid kyst- og til dels også innlandsstrøk på Østlandet som har de høyeste verdiene (3-4 dager pr. år; se høyre panel i Figur 2).

2.1.2 Klimaet de siste 100 år

Selv om det i Norge er store temperaturkontraster mellom kyst og innland, og mellom lavland og fjell, viser sammenligninger av temperaturserier fra samme landsdel ofte høy korrelasjon. Det betyr at år som er kaldere enn normalt i Oslo, oftest er kaldere enn normalt over hele Østlandet. Hvis man beregner temperaturserier som «avvik fra 1961-1990 normal», kan derfor en enkelt serie representere en hel region. Hanssen-Bauer og Nordli (1998) delte Norge inn i seks regioner (Figur 3) på bakgrunn av korrelasjonen

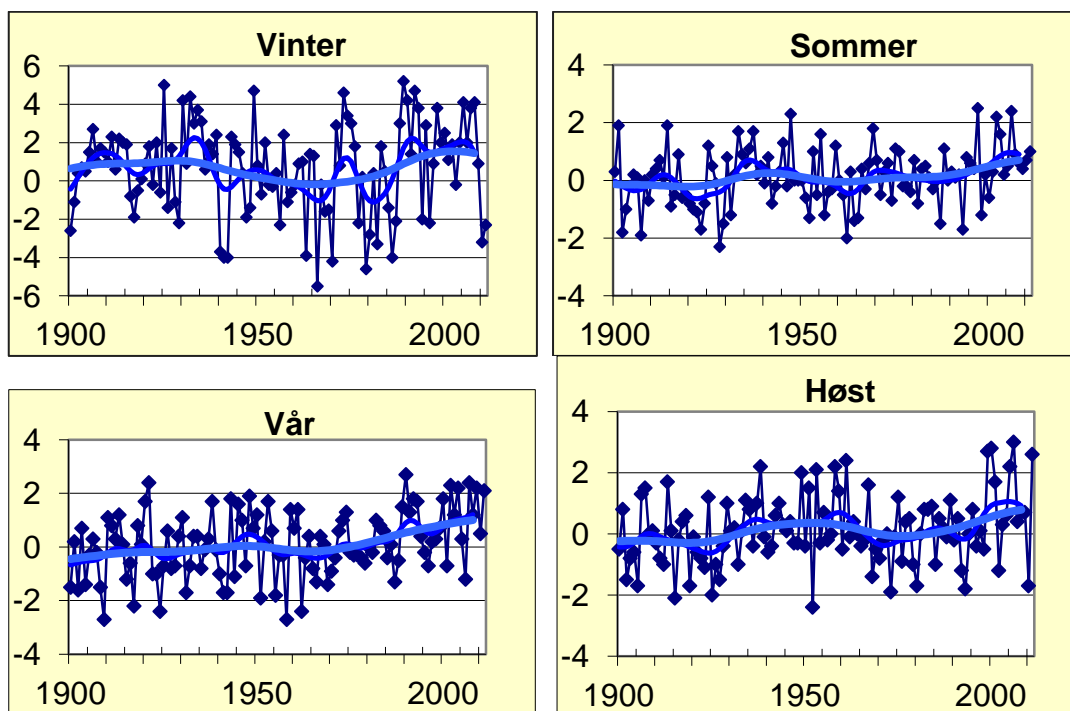
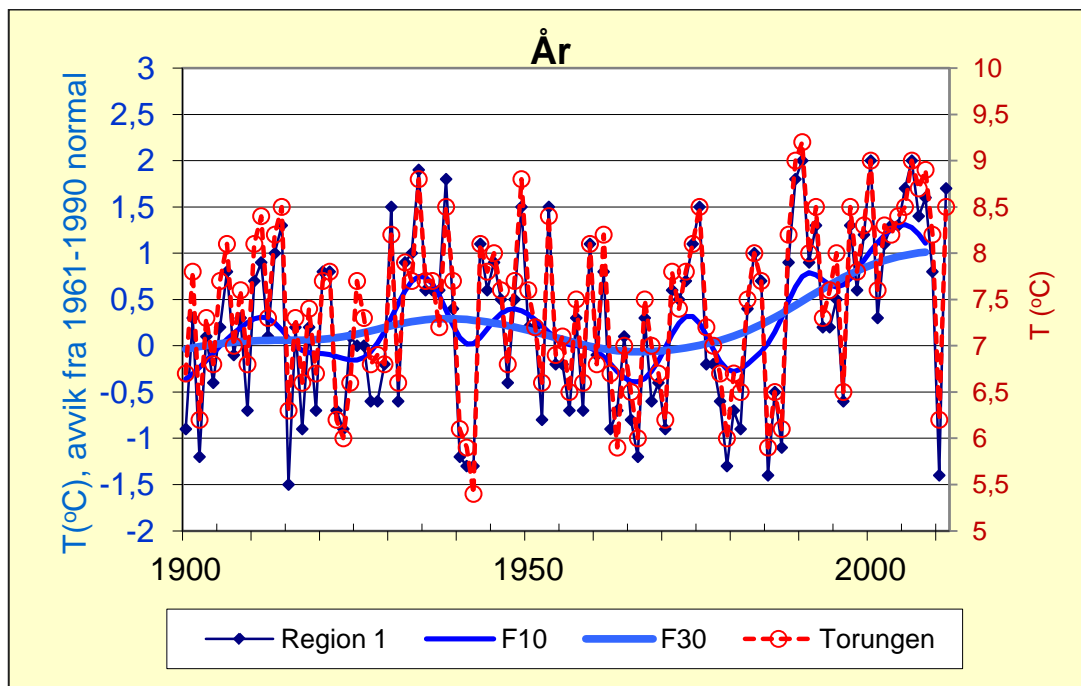


Figur 3 Temperaturregioner i Norge

mellom temperaturserier fra hele landet. For hver av regionene ble det beregnet temperavvik fra normal (temperatur-anomalier) tilbake til år 1900 på grunnlag av lange måleserier i regionen. Prosjektområdet i denne rapporten ligger stort sett innenfor temperaturregion 1, og anomaliene for denne regionen er derfor brukt for å vise tidsutvikling av års- og sesongtemperatur i regionen (Figur 4). Seriene er gitt både i form av års- og sesonggjennomsnitt for hvert enkelt år, og som glattede kurver som viser variasjoner på 10- og 30-års tidsskala. Det gode samsvaret mellom regionkurven og lokale måleserier er eksemplifisert ved at årsserien fra Torungen er vist i tillegg til regionserien i øverste panel. Årsmiddeltemperaturen ved Torungen i perioden 1961-1990 var 7,2 °C. Serien fra Torungen er derfor lagt slik at 0-nivået på regionserien (se venstre akse) svarer til 7°C for Torungenserien (se høyre akse).

Norges beliggenhet i vestavindsfeltet, og samtidig rett øst for et relativt varmt havområde gjør klimaet mildt i gjennomsnitt, men også svært variabelt fra år til år, fordi styrken på vestavindsfeltet varierer. En vanlig brukt indikator på denne styrken i våre områder er indeksen for den nord-atlantiske oscillasjonen, NAO (Hurrell, 1995). NAO-indeksen beskriver trykkforskjellen mellom lavtrykket ved Island og høytrykket ved Azorene. Når NAO-indeksen er høy (ekstra høyt lufttrykk ved Azorene og ekstra lavt ved Island) er vestavindsfeltet sterkere enn normalt. Norge opplever da milde vintre, som var typisk rundt 1990. I vintre med lav NAO-indeks er vestavindsfeltet svekket. Vintrene blir da kalde, slik som mange vintre på 1960-tallet, samt vintrene 2010 og 2011. Figur 4 viser at temperatur-variasjonen er særlig stor om vinteren, da det er over 10 graders forskjell på høyeste og laveste verdi på 1900-tallet. Det er likevel også betydelig forskjell fra år til år også de andre sesongene.

De glattede kurvene i Figur 4 viser at varme og kalde år ofte opptrer i grupper. For eksempel var det mange varme år i 1930-årene, i 1970-årene, rundt 1990, og på 2000-tallet. Det var mange kalde år rundt 1920 og på 1960-tallet.



Figur 4 Regional års- og sesongmiddeltemperatur for Østlandet (temperaturregion 1) i perioden 1900-2011 gitt som avvik fra middelverdien 1961-1990. Mørkeblå punkter viser enkeltverdier mens mellomblå kurver viser glattede serier. Øverste panel viser også absolutt årsmiddeltemperatur for Torungen i °C (høyre akse).

Lineære trender for de regionale års- og sesongtemperaturene er vist i tabell 2, sammen med tilsvarende trender for en del kystnære stasjoner. Alle trendene er større enn null, men temperaturøkningen på Østlandet er statistisk signifikant på 95%-nivå kun på årsbasis, samt vår og høst. Årsmiddeltemperaturen for regionen økte med 0,07 grader per 10-år, som tilsvarer en økning på 0,8 grader totalt over de 111 årene. Dette er nokså likt den globale temperaturøkningen over samme periode. Temperaturøkningen var størst om våren og minst om vinteren.

	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Region 1	0,7	0,2	1,2	0,7	0,8
Oslo	1,3	1,0	1,8	0,9	1,6
Færder	1,0	0,6	1,4	0,8	1,2
Torungen	0,7	0,6	0,9	0,2	0,9
Oksøy	0,7	0,4	0,9	0,6	0,9

Tabell 2 Lineære trender (°C pr 100-år) i års- og sesongtemperaturer fra 1900 til 2011 for temperaturregion 1 og for noen for utvalgte stasjoner. Statistisk signifikante trender (95%-nivå, Mann-Kendalls ikke-parametriske test) er skrevet med fete typer.

1.3 Nedbør

1.3.1 Dagens klima

Luftstrømmene inn mot Norge fra vest og sydvest fører ikke bare med seg relativt høy temperatur, men også vandrende lavtrykk, som gir rikelig med nedbør, særlig der luftmassene møter åser og fjell. Den geografiske fordelingen av nedbøren påvirkes av samspillet mellom vindretning og topografi. Vestlandet får mest nedbør – opp til 4000 mm i årsgjennomsnitt – mens nordre deler av Østlandet ofte blir liggende i regnskygge og enkelte områder nord for kartutsnittet i Figur 5 får mindre enn 300 mm i et gjennomsnittså. I prosjektområdet ligger årsnedbøren mellom disse verdiene. Kystområdene i Vest-Agder er årsnedbøren opp til 1500 mm, mens de østlige kystområdene får omkring 750-800 mm. Det er gjerne noe mindre nedbør utenfor kysten, mens det er en nedbørmaksimumssone litt inn i landet fra kysten. Nordiske nedbørkart (Tveito m. fl. 1997) viser at det meste av den svenske vestkysten i gjennomsnitt har omtrent samme årsnedbør som kysten av Østfold. Helt i syd er årsnedbøren mindre enn 750 mm. I Danmark er midlere årsnedbør større enn 750 mm i sørvestre deler av Jylland, men for øvrig noe lavere.

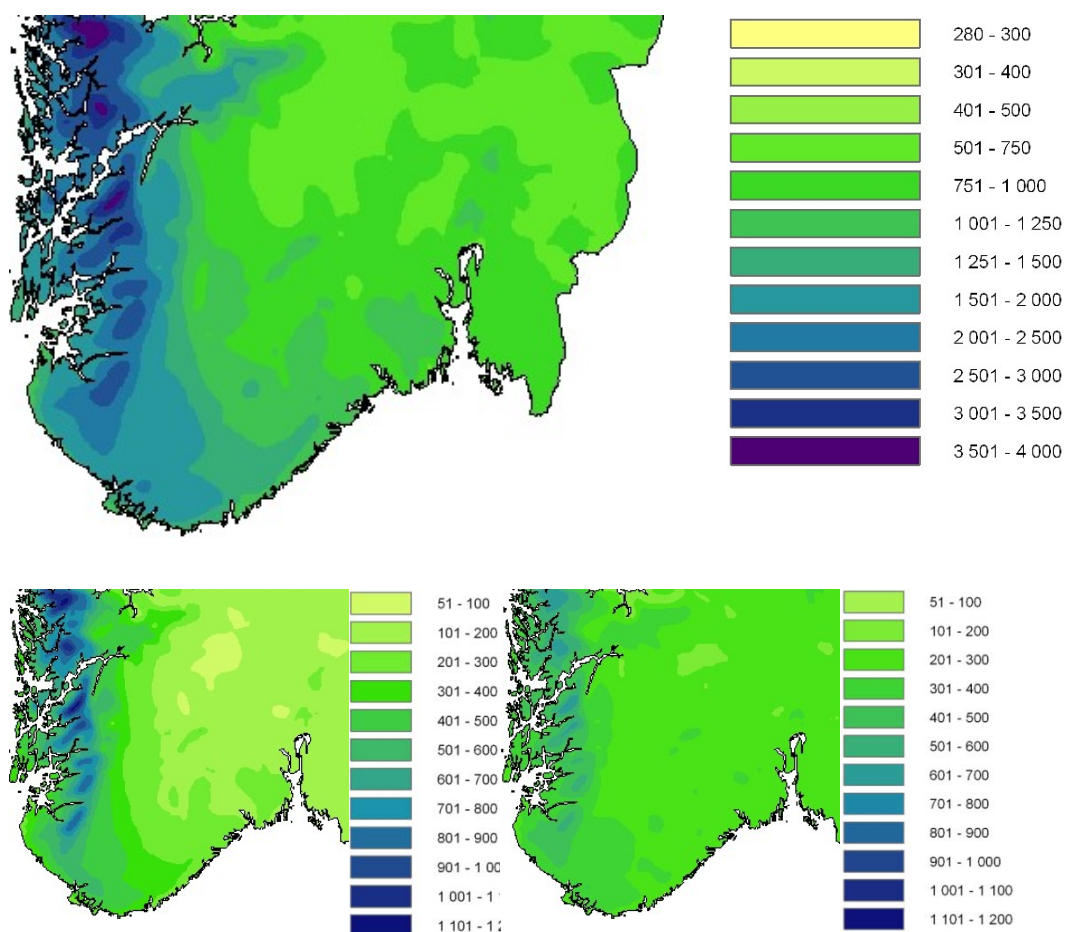
De vandrende lavtrykkene er særlig aktive om høsten og vinteren, og begge disse årstidene ligner den geografiske nedbørfordelingen den fordelingen vi har på årsbasis, med maksimum litt inn fra kysten på Vestlandet, og minimum i en del innlandsområder på Østlandet (vinternedbøren er vist nederst til venstre i Figur 5).

Om sommeren er en større del av nedbøren knyttet til bygeaktivitet, som kan være betydelig i de varme områdene på Østlandet. Om sommeren er derfor nedbøren mer jevnt fordelt geografisk (nederst til høyre i Figur 5). Høsten er normalt den mest nedbørrike årstiden i hele Syd-Norge, men mens vinteren ligger på andre plass på Vestlandet, er det sommeren som har nest mest nedbør på Østlandet og østlige deler av Sørlandet.

Tabell 3 viser måneds- og årsnedbør ved utvalgte stasjoner nær kysten. Vi ser en tendens til minkende nedbør fra vest mot øst. Gradienten på tvers av kysten er imidlertid også utpreget, slik at for eksempel Torungen har mindre nedbør enn Arendal, og Hvaler har mindre enn Halden. De tre vestligste stasjonene har mer nedbør om vinteren enn om sommeren, mens de øvrige har mer nedbør om sommeren enn om vinteren.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Des	År
Hvaler	48	38	45	41	53	58	59	78	81	98	83	58	739
Halden	55	45	48	42	52	70	75	80	87	101	89	60	802
Oslo	49	36	47	41	53	65	81	89	90	84	73	55	763
Færder	47	36	45	38	50	48	54	73	76	92	80	54	693
Hedrum	75	55	68	50	75	69	79	110	121	135	114	76	1027
Jomfruland	75	50	65	45	65	55	65	95	95	120	110	65	905
Arendal	88	57	71	52	69	63	79	97	116	137	121	85	1035
Torungen	74	48	57	42	59	54	66	82	96	112	105	75	870
Mykland	102	67	75	53	80	75	91	108	124	141	128	95	1137
Oksøy	106	71	81	54	69	60	74	102	119	141	148	106	1131
Lista	94	61	74	58	72	67	78	107	134	151	150	101	1146
Fjotland	168	118	120	69	103	107	108	151	210	239	226	183	1800

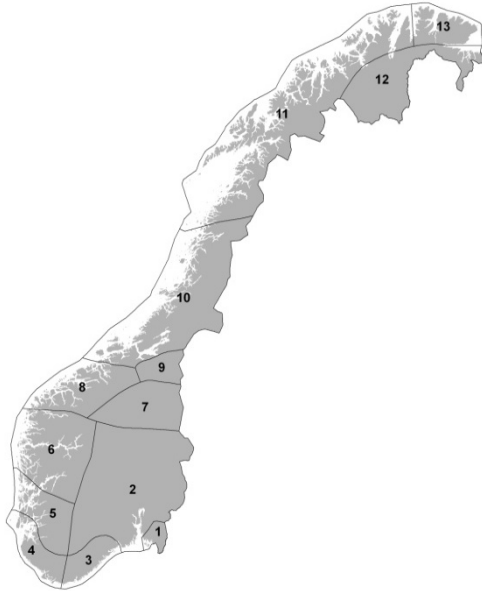
Tabell 3 Mildere måneds- og årsnedbør (mm) for 1961-1990 ved utvalgte stasjoner



Figur 5 Gjennomsnittlig årsnedbør (øverst), vinternedbør (nederst til venstre) og sommernedbør (nederst til høyre) i sydlige deler av Norge i perioden 1961-1990.

1.3.2 Klimaet de siste 100 år

I likhet med temperaturserier er også nedbørserier fra nabostasjoner godt korrelert. Korrelasjonen mellom nedbørserier faller imidlertid raskere med avstanden mellom stasjonene, og Hanssen-Bauer og Førland (1998) delte Norge inn i 13 nedbørregioner (Figur 6), der nedbøreseriene er godt korrelert innenfor hver enkelt. Det kan være stor variasjon i absolute nedbørverdier innenfor en og samme region, men hvis man beregner nedbørseriene i prosent av 1961-1990 gjennomsnittet, er seriene nokså like. Representative serier for hver region ble beregnet som middelverdien av lange, gode måleserier i regionen, gitt i prosent av 1961-1990 middelverdi. Prosjektområdet i denne rapporten ligger stort sett innenfor nedbør-region 1, 2 og 3, og årsseriene for disse regionene er derfor brukt for å vise typisk tidsutvikling av nedbør i området (Figur 7). Seriene er gitt både i form av verdier for hvert enkelt år, og som glattede kurver som viser variasjoner på 10- og 30-års tidsskala. Det gode samsvaret mellom regionkurvene og serier fra spesifikke steder innen regionene er eksemplifisert ved at nedbørserier fra én stasjon i hver region er vist i tillegg til regionserien.



Region 1 representeres ved Halden, region 2 ved Hedrum, og region 3 ved Mykland. Seriene er vist i mm på høyre akse, og de er lagt inn slik at normal årsnedbør ved stasjonene (802 mm for Halden, 1027 for Hedrum og 1137 for Mykland) ligger nær 100% på venstre aksene. Alle figurene viser stor variasjon i nedbør fra år til år. Laveste årsverdi ligger på 40-50% av normalverdien, mens den høyeste ligger 50-60% over normalverdien. Disse variasjonene skyldes i vesentlig grad variasjoner i atmosfæriske sirkulasjonsmønstre, og mye er knyttet til NAO (se seksjon 2.2.2).

Lineære trender viser i gjennomsnitt ca. 20 % økning i nedbøren på 100 år i region 1, mens økningen er mindre i de andre regionene (Tabell 4). Det er særlig om høsten nedbøren har økt.

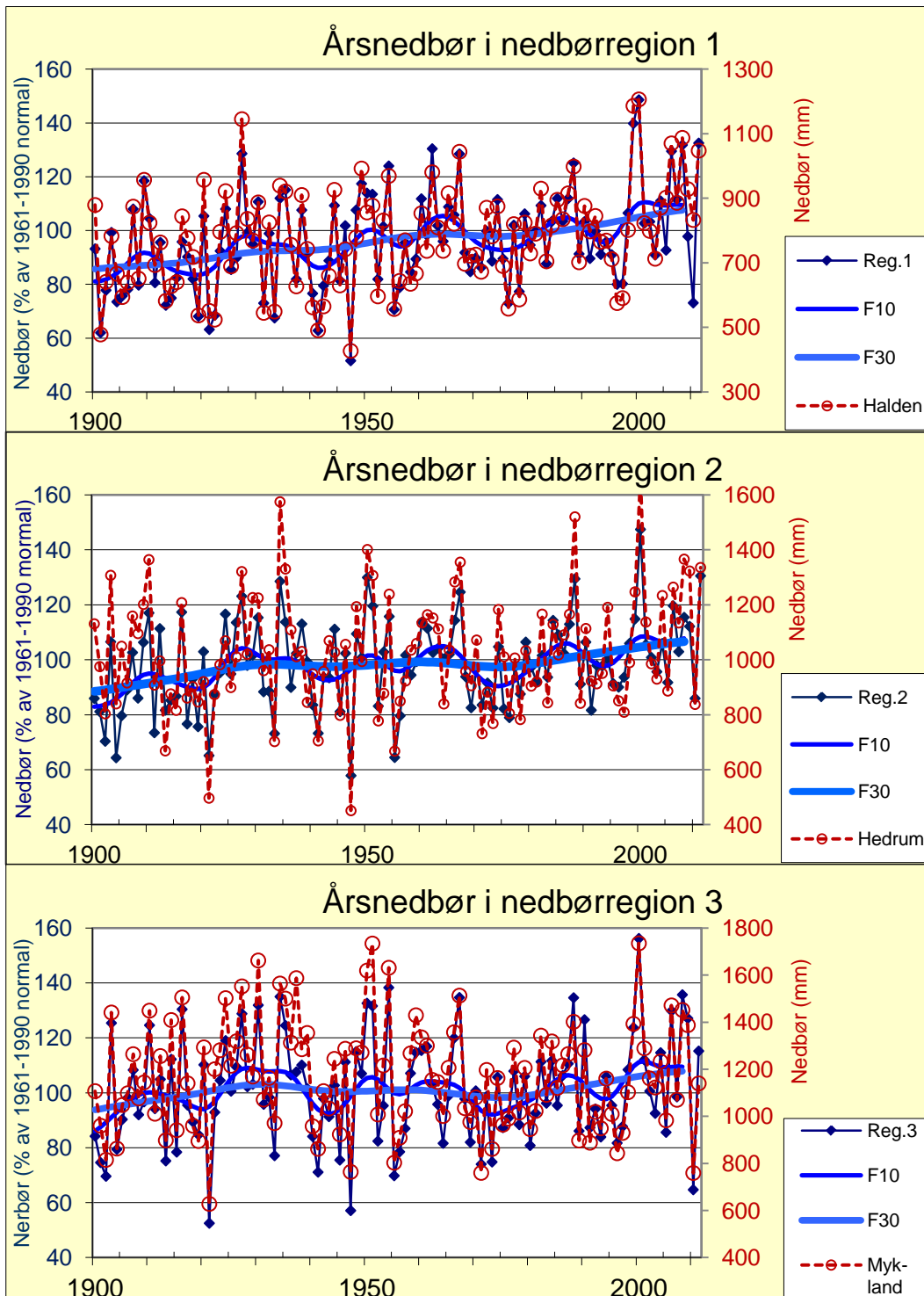
Figur 6 Nedbørregioner i Norge

Økningen er imidlertid ikke signifikant på 95%-nivå i noen av regionene eller årstidene, ifølge Mann-Kendall's ikke-parametriske test. I alle regionene viser enkeltstasjoner varierende trender, og på Sørlandet (region 3) er det flere stasjoner som viser 0 trend, eller svakt negativ (ikke signifikant) langtidstrend.

Figur 7 viser at det var en tendens til økende nedbør i alle regionene fra 1900 til 1930-årene. I Østfold (region 1) fortsatte trenden frem mot nåtid, mens den flatet ut i de andre regionene.

	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Region 1	+20	+23	+14	+23	+26
Halden	+20	+16	+18	+12	+28
Region 2	+14	+11	+13	+7	+22
Hedrum	+9	+2	+1	+2	+20
Region 3	+8	+5	0	0	+17
Mykland	0	-6	-12	-4	+14

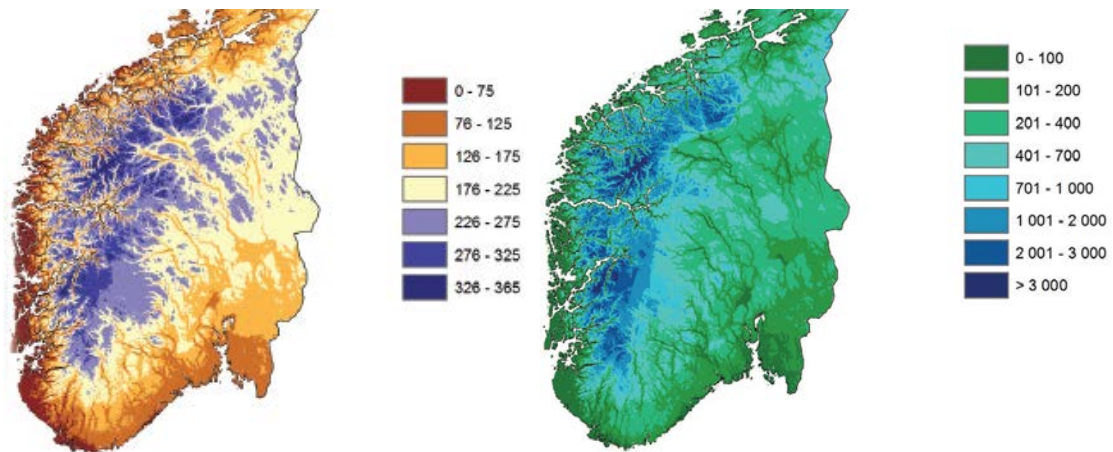
Tabell 4 Lineære trender (% av normalverdi på 100 år) i års- og sesongtemperaturer fra 1900 til 2011 for nedbørregion 1, 2 og 3, og for noen for utvalgte stasjoner.



Figur 7 Regional årsnedbør for Østfold, Østlandet og Sørlandet (nedbørregion 1, 2 og 3) i perioden 1900-2011 gitt i prosent av middelverdien 1961-1990. Mørkeblå punkter viser enkeltverdier mens mellomblå kurver viser glattede serier. Én måleserie fra hver region, vist som rød stiplet linje, er gitt i mm (høyre akse).

1.4 Snø

I Sør-Norge er perioden med snø på bakken vanligvis kortest ved kysten av Sørvestlandet og lengst i fjellområdene (Figur 7). Langs Skagerakkysten varer snøsesongen typisk snaut 3 måneder.



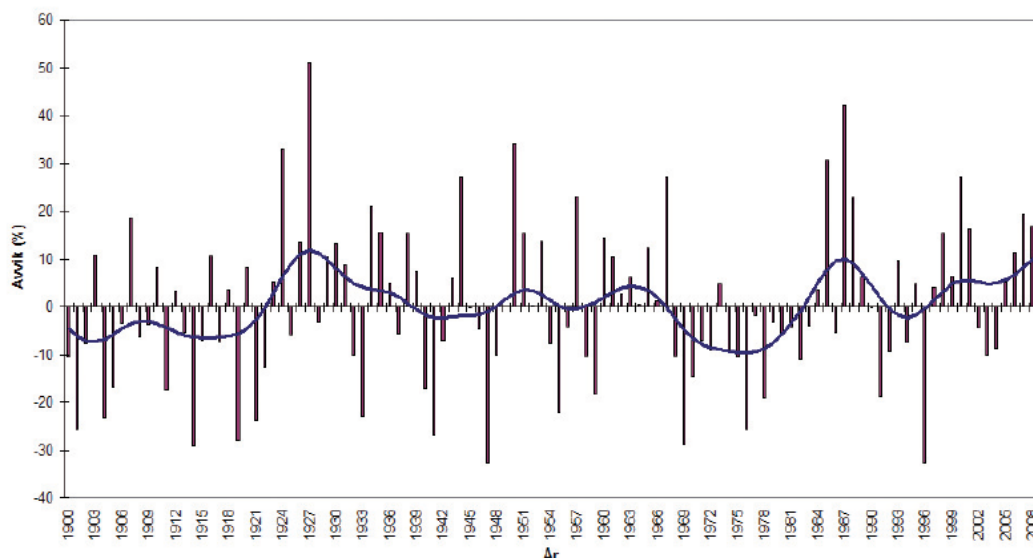
Figur 8 Gjennomsnittlig antall dager pr. år av perioden med snø på bakken i perioden 1961-1990 (venstre panel). Gjennomsnittlig årsmaksimum for snødybde (målt som «vannekvivalent», i mm vann) i perioden 1961-1990 (høyre panel).

Snødybde er her uttrykt som «vannekvivalent». Det vil si hvor mange mm vann snødekket ville tilsvare dersom det smeltet. Sammenhengen avhenger av tettheten i snøen, men i gjennomsnitt svarer 2 mm vann til 1 cm snø (Dyrrdal og Vikhamar-Schuler, 2009). En gjennomsnittlig årlig maksimumsverdi for vannekvivalenten på under 100 mm (d.v.s. mindre enn 50 cm snø) er vanlig helt ut langs kysten (Figur 8, høyre panel). Snømengdene kan imidlertid øke nokså raskt innover i landet. Det kan også være store variasjoner fra år til år.

Dyrrdal & Vikhamar-Schuler (2009) analyserte trender i snøforholdene de siste 100 år. Både antall dager pr år med snødekke og maksimal snødybde i løpet av vinteren har avtatt i kystnære strøk på Østlandet og Sørlandet gjennom de siste 100 år.

1.5 Vannføring og flom

Flommer i Norge skyldes snøsmelting, langvarig regnvær, intense skybrudd, eller kombinasjoner av disse. Vannføringsdata fra Glomma fra 1900 til 2008 viser ingen klar langtidstrend, men det er store variasjoner fra år til år (Figur 9). Perioder med stor avrenning i 1930-årene og etter 1987 skyldes relativt mye nedbør. Det har også vært mange regnflommer på Østlandet i disse periodene. Hisdal m. fl. (2006) rapporterer en tendens til at økt temperatur fører til at vårflommene kommer noe tidligere.



Figur 9. Variasjon i årlig middelvannføring i Glomma ved Elverum relativt til normalperioden 1961-1990. Heltrukken linje viser variasjon på 10-års skala.

1.6 Vind

Harstveit (2005) har utarbeidet kart over dimensjonerende ekstreme vindverdier med 50 års returperiode for Norge og nærliggende havområder. Disse estimatene gir midlere vindhastighet for 10-minutters perioder, og de gjelder 10 m over bakken. De laveste verdiene (22-24 m/s; liten storm) ble stipulert for indre deler av Østlandet. Langs store deler av kysten er påregnelig 50-årsverdi orkan (>32,6 m/s).

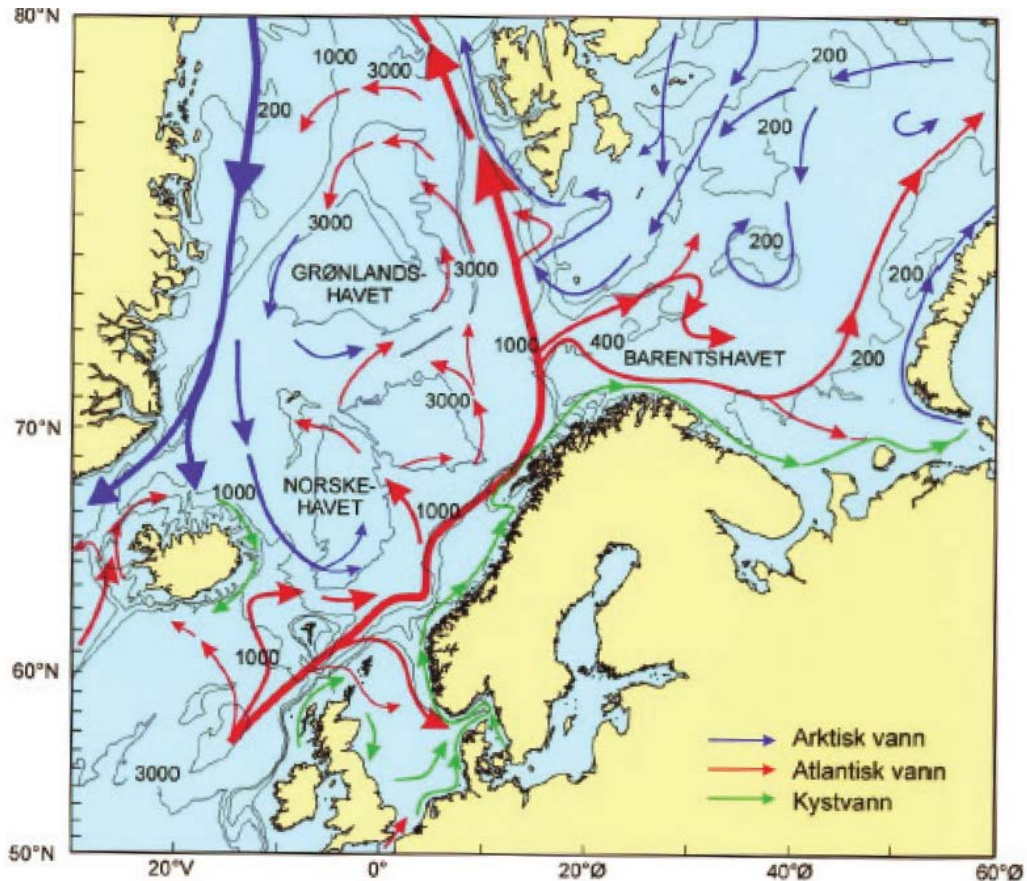
Vindmålinger er svært følsomme for endringer i måleinstrumenter, målested og omgivelser. Det er derfor få lange, gode måleserier. Førland m. fl. (2007) analyserte variasjoner i hyppighet av storm i perioden 1961-2006 i norske kystområder basert på brukbare måleserier fra tre regioner. Serien fra Østlandet/Sørlandet viste kun små variasjoner fra 1960 til 1990, og deretter en svak negativ trend. Alexandersson m. fl. (2000) beregnet stormhyppighet over Nordsjøen og Norskehavet fra 1881 til 1998 basert på trykkobservasjoner. De konkluderte med at stormfrekvensen avtok fra perioden 1881-1910 til ca. 1965. Deretter økte hyppigheten igjen til en kulminasjon rundt 1990, på omtrent samme nivå som 100 år tidligere. Konklusjonen var at det ikke har vært noen klar trend i stormhyppigheten siden 1880-årene.

1.7 Havklima

1.7.1 Havsirkulasjon og temperatur

Havklimaet i norske havområder domineres av to hovedstrømsystemer. Den norske kyststrømmen har sin opprinnelse i brakkvann fra Østersjøen (grønne piler i Figur 10).

Langs norskekysten blir Kyststrømmen forsynt med mer ferskvann fra land. Dette gjør at saltholdigheten holder seg lav sammenlignet med det andre strømsystemet, Atlanterhavsstrømmen (røde piler i Figur 10). Atlanterhavsstrømmen, som strømmer på utsiden av Kyststrømmen, deler seg i to grener ved det nordlige innløpet til Nordsjøen. En gren bøyer sørover inn i Nordsjøen og følger vestkanten av Norskerenna, mens den andre grenen forsetter nordover.



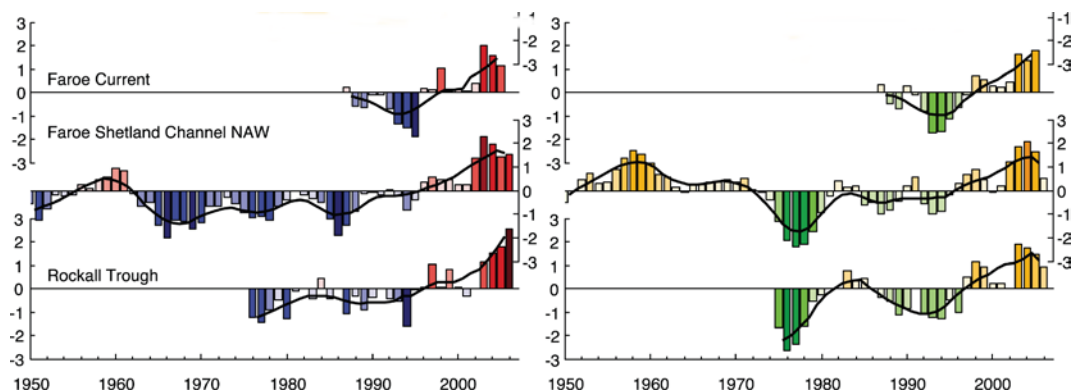
Figur 10. Sirkulasjonsmønsteret i og rundt norske havområder, fra Hanssen-Bauer m.fl. (2009).
Grafikk: Karen Gjertsen

Kyststrømmens varmeinnhold er i stor grad påvirket av det regionale atmosfære-klimaet. Ved sydspissen av Norge er overflatelaget normalt varmest i midten av august og kaldest i februar. Dette forsinkes nordover kysten og nedover i vannmassene.

Atlanterhavstrømmen bringer store varmemengder inn i norske havområder. Varmetransporten er størst om vinteren, fordi strømmen er sterkest da. Naturlige variasjoner i denne varmetransporten setter sitt preg på klimaet i hele Nord-Europa. Slike variasjoner skjer både fra år til år, fra tiår til tiår, og på dekadisk og multidekadisk skala (Figur 11). Mellomårlege til dekadiske klimasvingninger i Atlanterhavstrømmen er i stor grad knyttet til den Nord-Atlantiske Oscillasjonen NAO (se kapittel 2.2.2). I vintre med stor lavtrykksaktivitet domineres norske havområder av varmt og salt atlantehavsvann som følge av økt intensitet på Atlanterhavstrømmen. Denne typen klimasvingninger har

karakteristiske utslag på opp mot 1,5 °C endring i årsmiddeltemperatur fra det ene året til det andre.

I tillegg til de dekadiske klimasvingningene finner vi multidekadiske svingninger med perioder på omtrent 70 år. Dette er også omtalt som den atlantiske multidekadiske oscillasjonen (AMO) (Sutton og Hodson, 2005). Mens årsaken til dekadessvingningene delvis kan knyttes til NAO, er årsaken til multidekade-svingningene mer uklart.



Figur 11. Temperatur- (vestre panel) og saltvariasjoner (høyre panel) i atlantehavsvannet fra Rockall-trauget utenfor Skottland, Færøy-Shetland kanalen og Færøystrømmen. Avvikene er relativt perioden 1988–2006 for Færøystrømmen og 1978–2006 for de andre tidsseriene. Fra Holliiday m.fl. (2008).

Figur 11 viser at havklimaet i Atlanterhavsstrømmen har vært nokså varmt og salt det siste 10-året. Måleserien fra Færøy-Shetland-kanalen viser at det også var en relativt varm periode rundt 1960, men den var ikke så langvarig. En lengre måleserie fra Barentshavet viser perioder på 1930-tallet og rundt 1950 som var varmere enn perioden rundt 1960, men fortsatt kaldere enn perioden etter år 2000.

For de marine økosystemene ser det ut til at de multidekadiske svingningene betyr vel så mye som de dekadiske, selv om utslagene på temperatur og saltholdighet er mindre. Både produktiviteten (Toresen og Østvedt, 2000) og den geografiske utbredelsen av fiskebestandene i Nord-Atlanteren (Drinkwater, 2006; Sundby og Nakken, 2008) påvirkes i sterk grad av de multidekadiske klimasvingningene med økende mengde og nordligere fordelinger i varme perioder.

1.7.2 Havnivå

Når vi ser bort fra geologiske prosesser som endrer fordelingen av land og hav er globalt havnivå i hovedsak styrt av to faktorer, nemlig hvor mye vann som er bundet opp i isbreer og iskapper, samt tettheten av havet, som i stor grad avhenger av havtemperaturen. På Grønland er det i dag lagret is tilsvarende om lag 7 meters global havstigning. Tilsvarende tall for Antarktis er rundt 60 meter. For om lag 120 000 år siden, under forrige mellomistid, var det langt mindre is på Grønland enn det er nå og havnivået var antagelig 4 til 6 meter høyere enn i dag (IPCC, 2007). Under siste istids maksimum for ca. 20 000 år siden var på den annen side havnivået rundt 120 meter lavere enn i dag (Peltier og Fairbanks, 2006) fordi mye vann var bundet opp i innlandsisen på de nordlige

kontinentene.

Siden sent på 1800-tallet har havnivå blitt registrert i form av tidevannsmålinger ved en rekke målestasjoner rundt i verdens. På bakgrunn av disse målingene er det beregnet at det globale havnivået steg med rundt 17 cm fra 1900 til 2000 (Church m.fl., 2004; Cazenave m.fl., 2008). Fra 1993 til i dag har globalt havnivå blitt målt med større nøyaktighet fra satellitt. I denne perioden har havnivået økt med vel 3 millimeter per år, det vil si nesten dobbelt så mye som gjennomsnittet for forrige århundre. Det beregnes at bidragene til havnivåstigningen fra smelting og termisk ekspansjon har vært av samme størrelsesorden de siste 100 år (IPCC, 2007).

Økningen i globalt havnivå er ikke jevnt fordelt på jorden. Grunnen til dette er dels regionale variasjoner i havtemperatur, og endringer i hav- og atmosfæresirkulasjon som gir variasjoner i oppstuvning av vann inn mot kystene. I tillegg kommer lokale vertikale bevegelser i landskapet. I Skandinavia har vi fortsatt landhevning etter at isdekket fra siste istid forsvant. Havet utenfor Norges kyst beregnes å ha steget med ca. 14 cm de siste 100 år (Vestøl, 2006). Siden kyst-Norge stort sett har hatt en landhevning på mer enn 14 cm per 100 år, har havet likevel sunket i forhold til land de aller fleste steder i denne tidsperioden. Vestøl (2006) anslo landhevingen å variere fra vel 10 cm per 100 år helt i vest (Karmøy) til knappe 50 cm per 100 år innerst i Oslo- og Trondheimsfjorden. Ifølge nye GPS-beregninger kan disse verdiene være 5-10 cm for lave i et 100-års perspektiv (Simpson m. fl. 2012).

For norske kystområder som omfattes av denne rapporten, varierer landhevingen antagelig fra drøyt 2 mm pr. år i Agder-fylkene til drøyt 5 mm pr. år i indre Oslofjord (Simpson m. fl. 2012). Med den globale havnivå-økningen vi har hatt de siste 10-årene (ca. 3 mm pr. år) betyr dette at de sydligste landsdelene så begynner å oppleve en lokal økning i havnivået. Innerst i Oslofjorden er fortsatt landhevingen større.

2. Fremtidsklima

2.1 Data og metoder

Klimafremskrivningene for Norge som presenteres her bygger på resultater fra flere forskjellige koplede globale klimamodeller kjørt med flere forskjellige utslippsscenarioer. En komplett oversikt over modeller og utslippsscenarioer er gitt av Hanssen-Bauer m.fl. (2009). Modellene er beskrevet nærmere i den siste hovedrapport fra FNs klimapanel (IPCC, 2007). De mest brukte utslippsscenarioene er B2, A1B og A2, som er beskrevet i klimapanelets spesialrapport om utslippsscenarioer (IPCC SRES, 2000).

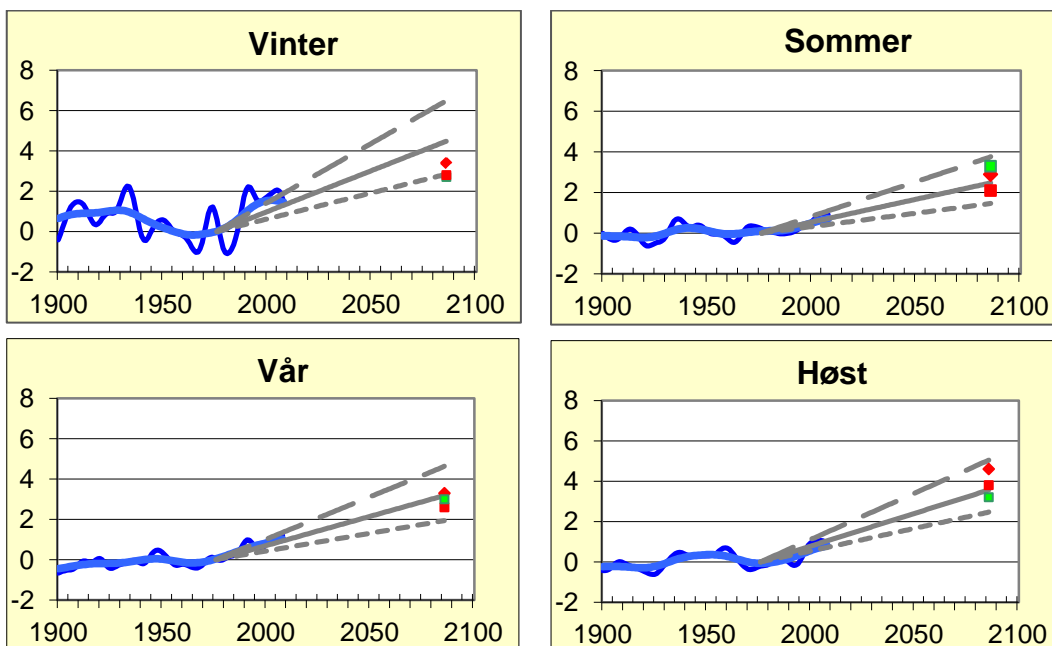
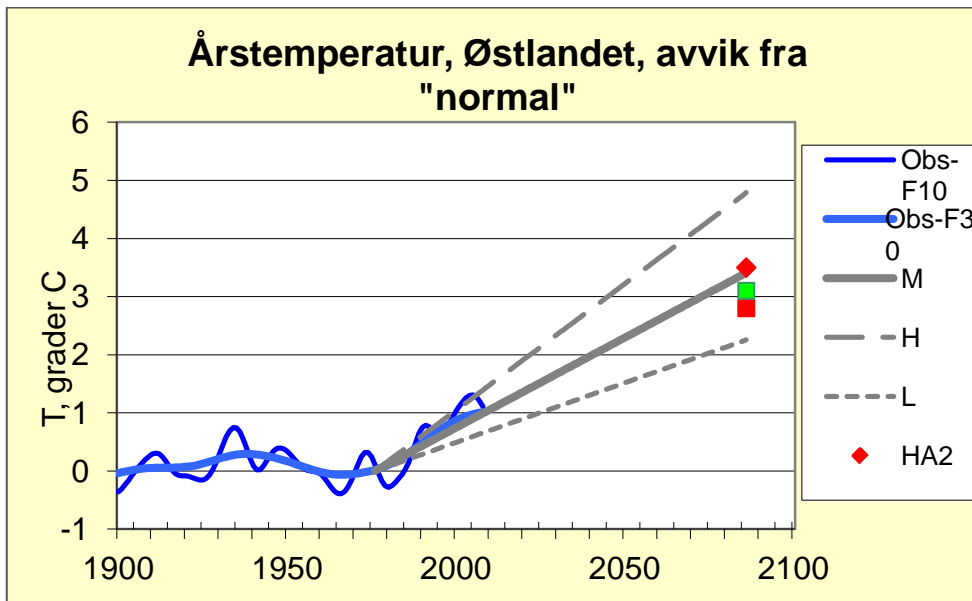
På grunn av begrenset regnemaskinkapasitet er den romlige oppløsningen i de globale klimamodellene for grov til at resultatene kan benyttes direkte til å vurdere mulige regionale og lokale konsekvenser av fremskrivningene. Det er derfor nødvendig å «nedskalere» modellresultatene. Dette kan gjøres både ved såkalte «dynamiske» og «statistiske» metoder. Se for eksempel Hanssen-Bauer m. fl. (2003) for nærmere beskrivelse av metodene.

I havet er det i norske farvann bare dynamiske metoder som har vært benyttet til nedskalering, og det eksisterer bare noen få fremskrivninger. I atmosfæren har derimot både dynamiske og statistiske metoder vært benyttet for norske områder, og det eksisterer en rekke ulike fremskrivninger, der både forskjellige globale klimamodeller og forskjellige utslippsscenarioer har vært benyttet. Resultatene fra disse nedskaleringene er satt sammen i såkalte «ensembler», som har dannet grunnlag for definisjon av «middels» (M), «høy» (H) og «lav» (L) klimafremskrivning. M angir gjennomsnittet av alle fremskrivningene, mens L er definert slik at kun 1 av 10 fremskrivninger gir mindre endring, og H er definert slik at kun 1 av 10 fremskrivninger gir større endring. Sammenligninger av modellresultater beregnet for dagens klima og observasjoner har vist at middelverdiene fra ensembler ofte ligger nærmere observert klima enn noen enkelt klimasimulering. I tillegg gir sammenstillingene mulighet for å anslå usikkerheten ved å studere spredningen mellom fremskrivningene.

For en del formål kreves enda mer detaljert klimainformasjon enn det de overnevnte metodene gir. Et lite utvalg av de nedskalerte fremskrivningene har derfor blitt etterbehandlet ved bruk av statistiske justeringer basert på topografisk informasjon og klimaobservasjoner (Engen-Skaugen, 2007). Slike «eksempelfremskrivninger» er benyttet til beregning av vekstsesong og fyringsgraddager og til hydrologisk modellering. Disse eksemplenes representativitet kan vurderes ved å se hvordan de er plassert i ensemblene.

2.2 Lufttemperatur

Beregningene her bygger på et ensemble av 72 nedskalerte temperaturscenarioer. Femti av disse er nedskalert ved hjelp av statistiske - og 22 ved dynamiske metoder. Beregningene er gjort for hele landet, og for hver av de seks temperaturregionene som er vist i Figur 3.

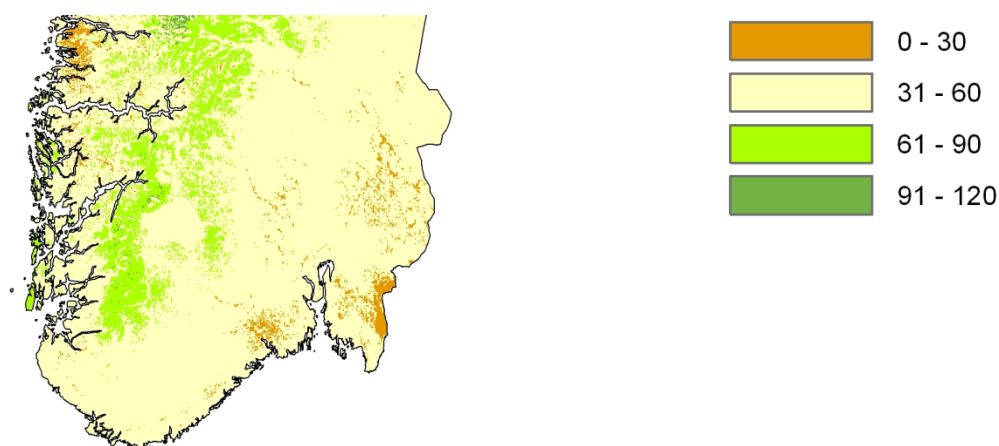


Figur 12 Observert og modellert års- og sesong-temperatur for Østlandet (temperatur-region 1), gitt i °C som avvik fra middelverdien for perioden 1961-1990. Blå kurver viser glattede observasjonsserier fra 1900 til 2011. Grå linjer viser middels (M) høy (H) og lav (L) fremskrivning fra 1975 til 2100. Røde og grønne punkter viser eksempelfremskrivninger som er brukt i beregning av vekstsesong, varme dager og hydrologiske variable.

Alle temperaturfremskrivningene viser økende temperatur i alle regioner og alle årstider. Det beregnes stort sett større økning i nord enn i sør, større i innlandet enn langs kysten, og større om vinteren enn om sommeren.

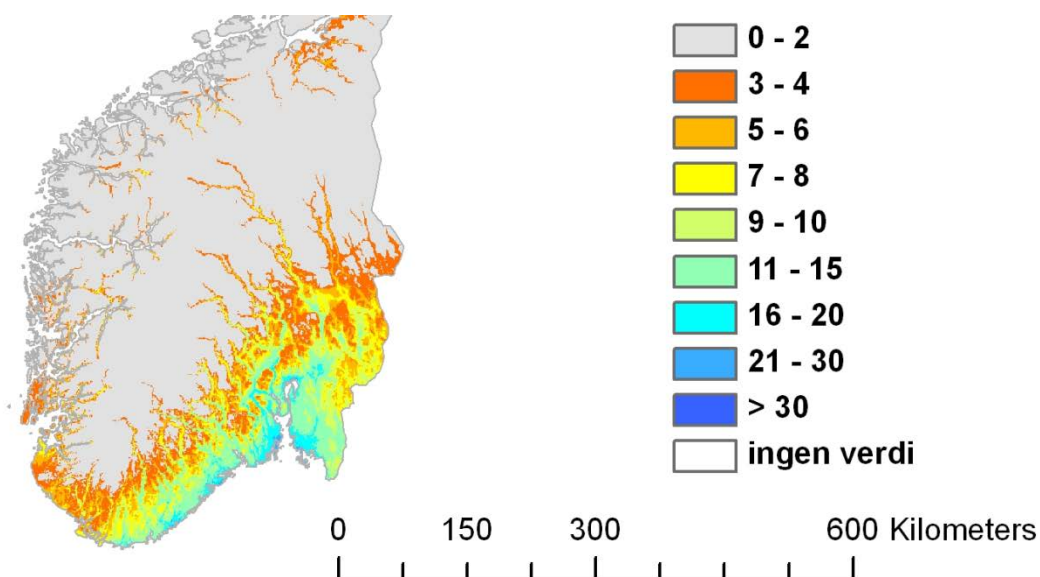
På landsbasis gir M-scenariet følgende økning fra perioden 1961-1990 til 2071-2100: 3,4 °C for årsmiddeltemperaturen, 4,3 °C om vinteren, 3,5 °C om våren, 2,4 °C om sommeren og 3,5 °C om høsten. Figur 12 viser resultatene i temperaturregion 1, som omfatter de norske områdene som inngår i prosjektet «Hav möter Land». Figuren viser et godt samsvar mellom observasjoner og fremskrivninger i overlappsperioden 1975-2011. Vintertemperaturen har økt noe mer enn de fleste scenariene tilsier, men det kan meget vel skyldes naturlige variasjoner knyttet til NAO. Ifølge M-scenariet beregnes vintertemperaturen å øke med 4,5 grader på 110 år, vårtemperaturen med 3,2, sommertemperaturen med 2,5 og høsttemperaturen med 3,6 grader.

Eksempelfremskrivningen «HB2», som er vist som en rød firkant i Figur 12, er brukt til å beregne et scenarium for endring i antall dager pr. år med middeltemperatur over 5 °C (termisk vekstsesong for gress). Resultatet (Figur 13) angir endringer fra perioden 1961-1990 til 2071-2100. Referanseperioden er vist i venstre panel i Figur 2. Vekstsesongen for gress beregnes altså å øke med 1 til 2 måneder i store deler av Sør-Norge.



Figur 13. Endring i «vekstsesong for gress», d.v.s. antall døgn pr år med middeltemperatur over 5 °C fra perioden 1961-1990 til 2071-2100, ved bruk av nedskalerte temperaturverdier fra Hadley instituttets klimamodell og utslippsscenariet B2 (vist som HB2 i Figur 12).

Eksempelfremskrivningen «MB2», som er vist som en grønn firkant i Figur 12, er brukt til å beregne et scenario for antall døgn pr år med gjennomsnittlig temperatur over 20 °C. Resultatet er vist i Figur 14. Til sammenligning er 1961-1990-verdiene vist i høyre panel i Figur 2. Det beregnes en betydelig økning av slike døgn langs hele Skagerak-kysten.



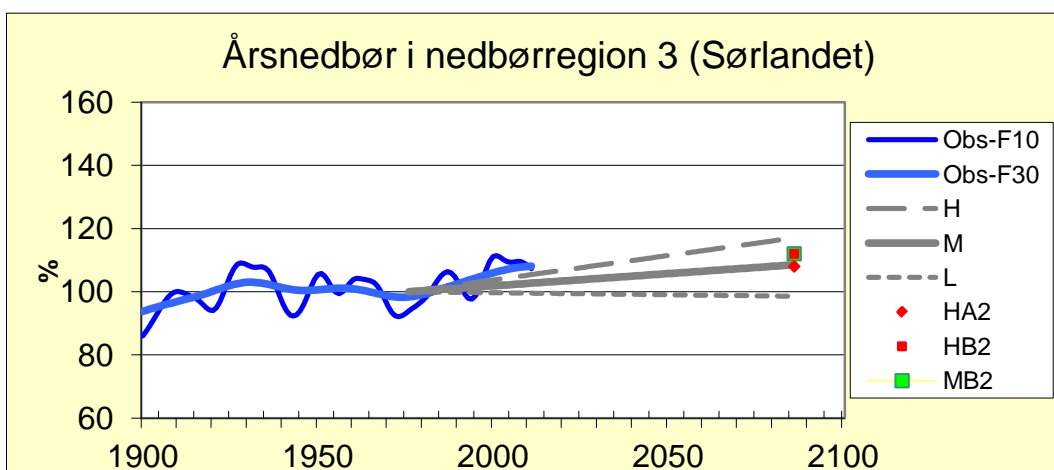
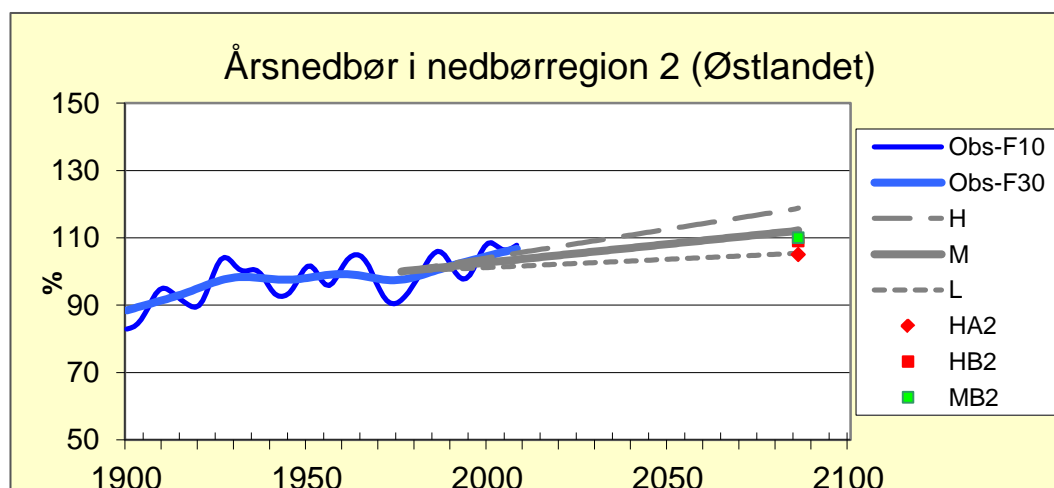
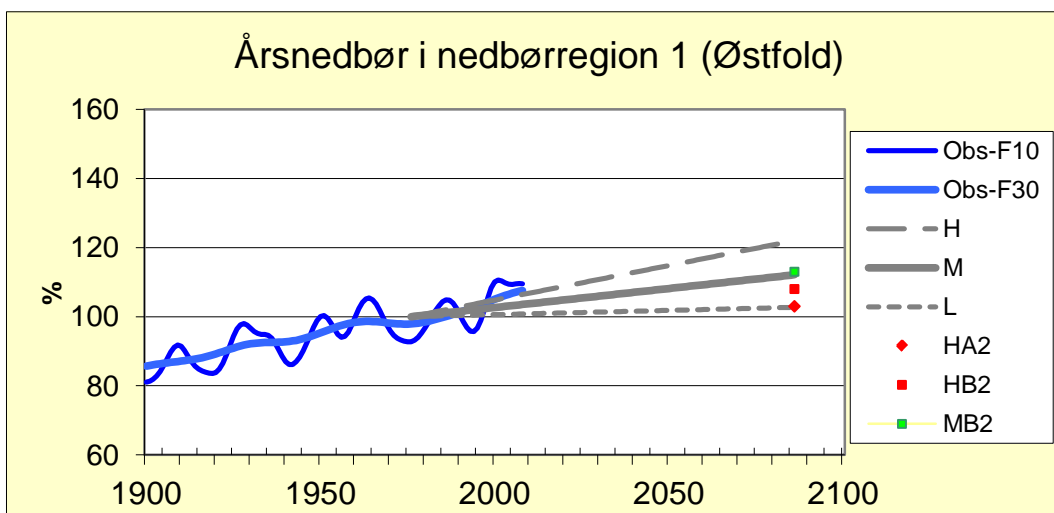
Figur 14. Modellert antall døgn pr år med middeltemperatur over 20 °C i perioden 2071-2100 ved bruk av nedskalerte temperaturverdier fra Max Planck instituttets klimamodell og utslippsscenarioet B2 (vist som MB2 i Figur 12).

2.3 Nedbør

Beregningene her bygger på et ensemble av 22 nedskalerte nedbørscenarier, alle nedskalert ved hjelp av dynamiske metoder. Beregninger er gjort for hele landet, og for de 13 nedbørregionene som er vist i Figur 6. M-fremskrivningen gir økt årsnedbør fra perioden 1961-1990 til 2071-2011 i alle regioner. På landsbasis gir M-fremskrivningen 18% økning i denne perioden.

Figur 14 viser beregnede endringer i årsnedbør i nedbørregion 1-3. Disse regionene omfatter de norske områdene som inngår i prosjektet «Hav möter Land». Figuren viser at M-framskrivningen gir noe mindre nedbørøking i disse regionene enn landsgjennomsnittet. I region 1 og 2 gir den 12 % økning, og i region 3 kun 9%. Den lave fremskrivningen gir ingen nedbørøking på Sørlandet.

Forskjellene mellom nedbørprosjeksjonen for Norge som helhet og for nedbørregion 1-3 skyldes i stor grad projeksjonene for sommernedbør. M-projeksjonen gir økt sesongnedbør for alle årstider i alle regioner bortsett fra om sommeren i disse tre regionene. Middels, lav og høy nedbørfremskrivning for alle årstider i region 1-3, og for landet som helhet, er gitt i Tabell 5.



Figur 15 Observert og modellert årsnedbør for Østfold, Østlandet og Sørlandet (nedbørregion 1-3) i perioden 1900-2011, gitt i prosent av middelverdien 1961-1990. Blå kurver viser glattede observasjonsserier fra 1900 til 2011. Grå linjer vis middels (M), høy (H) og lav (L) fremskrivning fra 1975 til 2100. Røde og grønne punkter viser eksempelfremskrivninger som er brukt i beregning av hydrologiske variable.

		År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Norge	M	+18	+21	+19	+9	+23
	L/H	+5/+31	+9/+40	+7/+42	-3/+17	+5/+33
Reg 1	M	+12	+25	+14	-7	+17
	L/H	+3/+22	+10/+53	+3/+31	-22/+20	-4/+28
Reg 2	M	+12	+29	+14	-4	+15
	L/H	+6/+19	+13/+49	+6/+29	-21/+9	+2/+23
Reg 3	M	+9	+23	+12	-9	+6
	L/H	-2/+17	+7/+51	-1/+30	-28/+9	-6/+16

Tabell 5 Beregnet endring (% av normalverdi 1961-1990) i års- og sesongnedbør fra 1961-1990 til 2071-2100 for Norge og for nedbørregion 1, 2 og 3 under middels (M), lav (L) og høy (H) fremskrivning.

I et varmere klima vil det være muligheter for kraftigere regnbyger, fordi varm luft kan inneholde mer fuktighet, og derfor mer utfellbart vann, enn kjøligere luft. For å få en indikasjon på mulige endringer i ekstremnedbør, analyserte Hanssen-Bauer m. fl. (2009) hvilke endringer de forskjellige klimamodellene gir i antall døgn med mye nedbør, og av nedbørendringer på slike dager. «Mye nedbør» er her definert som den døgnnedbøren som i gjennomsnitt overskrider én av 200 dager («0,5-prosentilen»). M-prosjeksjonen tilsier at antallet av dager som overskrider dagens 0,5 prosentil øker i alle regioner og sesonger – også om sommeren på Sør- og Østlandet, der gjennomsnittsnedbøren i følge samme projeksjon minker.

		Vinter	Vår	Sommer	Høst
Norge	M	+16	+16	+17	+18
	L/H	+2/+32	+6/+29	+6/+22	+10/+27
Reg 1	M	+29	+17	+10	+27
	L/H	+16/+44	+2/+37	-4/+31	+9/+40
Reg 2	M	+23	+17	+11	+17
	L/H	+18/+35	+6/+32	0/+20	+9/+26
Reg 3	M	+18	+12	+9	+6
	L/H	+10/+37	-3/+45	-12/+35	-1/+19

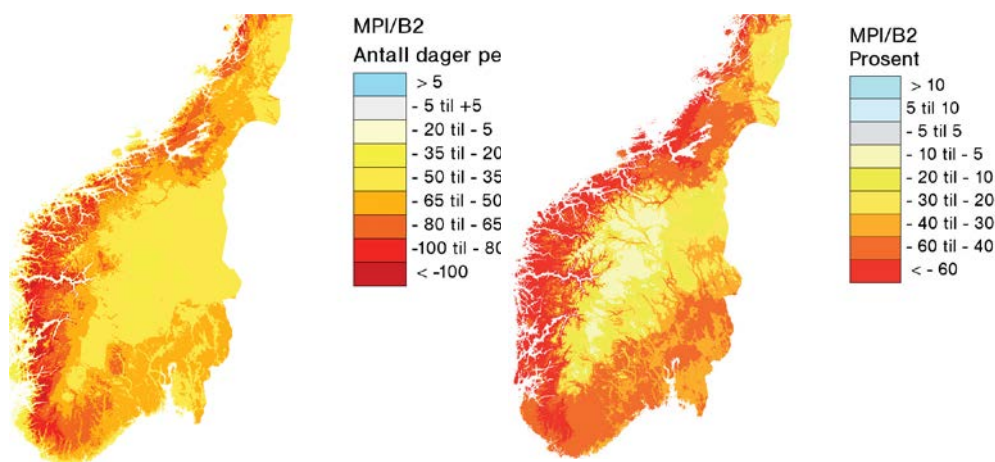
Tabell 6 Beregnet endring i nedbørmengden på dager med mye nedbør (% av verdi 1961-1990) fra 1961-1990 til 2071-2100 i forskjellige sesonger. Beregningene gjelde for Norge og nedbørregion 1, 2 og 3 under middels (M), lav (L) og høy (H) fremskrivning.

Økningen varierer fra +25% til +190%. Også for beregnet endring i selve 0,5 prosentilen for Norge som helhet og for nedbørregion 1-3 gir M-prosjeksjonen økning for alle årstider (Tabell 6).

Dersom antall dager med store nedbørmengder øker om sommeren samtidig som gjennomsnittsnedbøren avtar, kan dette føre til økt risiko både for regnflom og tørke (se avsnitt 3.5).

2.4 Snø

Selv i de regionale klimascenariene er den romlige oppløsningen for dårlig til at snøsesongens lengde og snødybde kan beregnes realistisk. Det er derfor kun de utvalgte eksempelprosjeksjoner som er benyttet til å beregne endringer i snøforhold. Beregningene er gjort med en hydrologisk modell med input i form av 1x1 km griddede døgnverdier. Alle eksempelprosjeksjonene viser at både perioden med snø på bakken, og vinterens gjennomsnittlige maksimale snødybde, beregnes å avta i hele Syd-Norge frem mot slutten av det 21ste århundre. Resultatene fra eksempelprosjeksjonen MB2 er vist i Figur 16. På Østlandet gir denne fremskrivningen noe mindre økning i både temperatur og nedbør enn gjennomsnittet M. Ut mot Skagerakkysten gir MB2-fremskrivningen en reduksjon på 1-2 måneder i gjennomsnittlig periode med snø på bakken, mens gjennomsnittlig maksimum snødybde minker med ca. 40% i dette området ifølge beregningene.



Figur 16 Beregnet gjennomsnittlig endring i antall dager pr. år med snø på bakken fra perioden 1961-1990 til 2071-2100 (venstre panel), og i årsmaksimum for snødybde (høyre panel), i følge scenariet MB2.

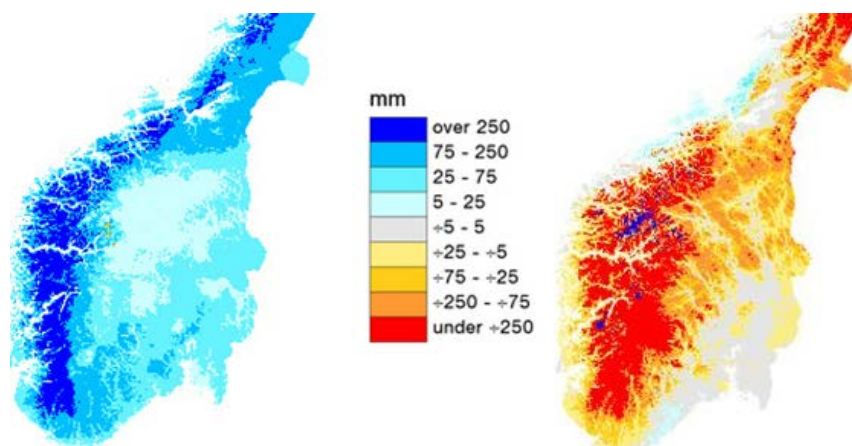
Eksempelprosjeksjonene tilsier altså at maksimal snødybde om vinteren i store trekk vil avta gjennom hele det 21. århundret. I noen høyfjellsområder beregnes imidlertid en liten økning de første dekadene på grunn av økt vinternedbør, før snømengdene generelt beregnes å avta også i høyfjellet. I lavlandet beregnes den gjennomsnittlige maksimale snødybden å avta også på kort sikt, men variasjonen fra år til år kan komme til å øke, slik at enkelte år med store snømengder kan forekomme.

Alle eksempelprosjeksjonene tyder på at snøen vil legge seg stadig senere om høsten gjennom det 21. århundret. I kombinasjon med økt høstnedbør vil dette øke risikoen for regn på barmark. Det er ikke gjort analyser med hensyn til mulige endringer i sannsynlighet for barfrost, men kvalitativt sett er det liten grunn til å vente noen økning i denne sannsynligheten, i og med at nedbøren beregnes å øke både høst og vinter.

2.5 Vannføring, flom og tørke

Vannføringen påvirkes av nedbør- og snøforhold, og dessuten av temperaturforholdene, som påvirker fordampningen. I likhet med snøforhold er vannføring kun beregnet for eksempelprosjeksjonene, da det er nødvendig med fin romlig oppløsning for at modellresultatene fra den hydrologiske modellen skal bli realistiske.

Basert på eksempelprosjeksjonene MB2, HA2 og HB2 er det beregnet fremtidig avrenning fordampning, markvann etc. fram mot slutten av århundret (Engen-Skaugen m.fl., 2005; Roald m.fl., 2006). Endringene i årsavrenning avspeiler i stor grad endringene i årsnedbør i de modellene de bygger på, bortsett fra at økt fordampningen fører til at avrenningen ikke øker så mye som nedbøren. På sesongbasis blir avvikene mellom nedbør og avrenning større. Det er generelt en tendens til økt avrenning om vinteren fordi vinternedbøren stort sett beregnes å øke, men også fordi mindre nedbør lagres i form av snø. Om sommeren beregnes mindre avrenning de fleste steder i Sør-Norge, dels fordi sommernedbøren beregnes å avta mange steder, men også fordi fordampningen beregnes å øke betydelig om sommeren. I nedbørfelt med isbreer kan likevel avrenningen øke sommerstid på grunn av bidrag fra avsmelting fra breene. Beregnet endring i vinter- og sommer-avrenning i eksempelprosjeksjonen MB2 er vist i Figur 17.



Figur 17 Beregnet gjennomsnittlig endring i avrenning vinter (venstre panel) og sommer (høyre panel) fra perioden 1961-1990 til 2071-2100, i følge scenariet MB2.

Kombinasjonen av sannsynlighet for mindre nedbør og økt fordampning om sommeren på Sør- og Østlandet gjør at risikoen for sommertørke beregnes å øke i dette området. Selv om sommernedbøren skulle øke (noe som i følge projeksjonene er mulig), er det sannsynlig at mer av nedbøren vil komme i form av intense byger som i liten grad vil

trengte ned i jorden. Ifølge eksempelprosjeksjonene vil markvannsunderskuddet om sommeren øke både på Østlandet og Sørlandet frem mot 2100.

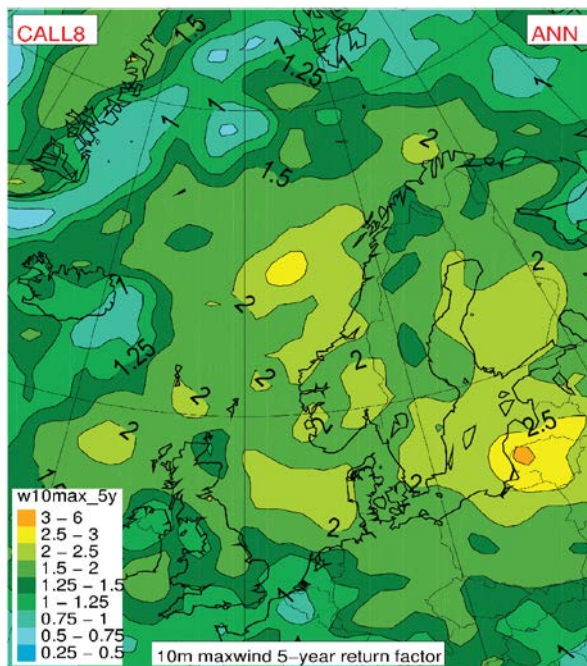
Det er stor sannsynlighet for at flommønsteret endrer seg under global oppvarming. Smeltevannsflommene om våren vil mot slutten av århundret antagelig komme tidligere på året, og i gjennomsnitt være noe mindre enn nå, da det i gjennomsnitt vil ligge mindre snø i terrenget. På den annen side vil risikoen for kombinasjonsflommer i forbindelse med mildvær og nedbør om senhøsten og vinteren øke. Frekvensen av – og størrelsen på – flommer knyttet til kraftig nedbør forventes å øke hele året. Dette kan skape problemer i små nedbørfelt – særlig i bratt terreng – der risikoen for jordskred kan øke. Økt frekvens av intens nedbør ventes også å bli en utfordring i urbane områder med store forseglede flater.

2.6 Jorderosjon

Det er ikke gjort kvantitative beregninger av hvilke endring i jorderosjon som kan følge av de beregnede klimaendringene. De beregnede endringene i det hydrologiske kretsløpet gjør det likevel mulig å gjøre noen kvalitative vurderinger. En økning i forekomst av intens nedbør vil høyst sannsynlig gi økt jorderosjon. Ved kraftig regn er det begrenset hvor mye vann som kan trenger ned i grunnen. Mye vann renner da direkte ut i vassdragene og tar med seg løsmasser underveis. Generell økning i nedbør i form av regn høst og vinter vil bidra i samme retning, da bakken er mindre beskyttet mot erosjon etter vekstsesongens slutt. En kortere periode med snødekke bidrar også til at jorden er mer utsatt. Langs kysten vil både økt havnivå (se avsnitt 3.8.4) og eventuelt også økt forekomst av høye bølger (se avsnitt 3.7) bidra i samme retning.

2.7 Vind og bølger

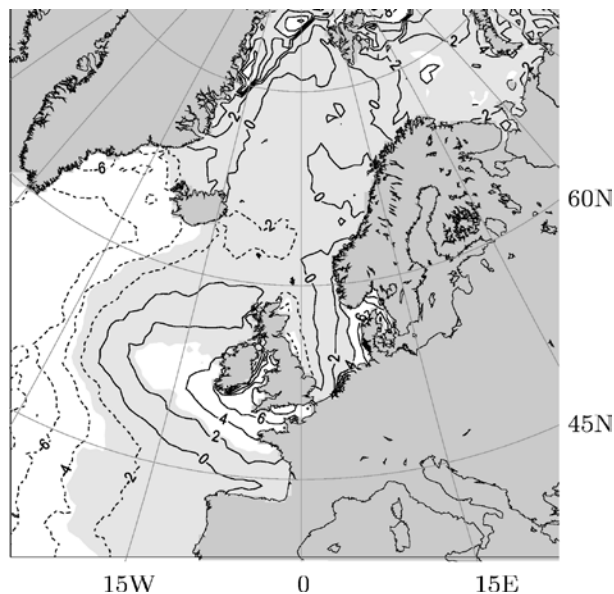
Det er ikke gjort analyser av vind basert på de ensemblene som før har blitt analysert med hensyn til temperatur og nedbør. Haugen og Iversen (2008) analyserte imidlertid et ensemble med åtte framskrivninger med hensyn til blant annet vind. De så på endringer fra en kontrollperiode rundt 1980 frem mot 2050 og konkluderte med at endringene i gjennomsnittlige vindforhold ifølge modellene blir små, men at endringene ser ut til bli større for høye vindhastigheter. Dette illustreres i Figur 18, som viser at ensemblet fra Haugen og Iversen (2008) frem mot 2050 i flere områder gir en dobling i frekvensen av det som i kontrollperioden var verdier med fem års returperiode. Dette gjelder blant annet store områder vest for Danmark.



Figur 18. Estimert returfaktor rundt år 2050 for den døgnlige maksimale vindstyrke i 10 meters høyde som rundt 1980 forekom i snitt 1 gang per femte år. Kartet angir antall relativt til 1980-nivå.

Bølgemodellen produserer flere variabler, hvorav den viktigste her er signifikant bølgehøyde (SWH). Debernard og Røed (2008) tallfestet endringene ved å sammenligne beregninger for perioden 2071-2100 med beregninger for 1961-90.

Figur 19 viser beregnet prosentvis endring i SWH. Det mest robuste resultatet de finner, er en forverring i bølgehøyde i Nordsjøen og Skagerrak. For de 1% høyeste bølgene beregnes en økningen i SWH på 4-8 prosent. For øvrig viser resultatene til Debernard og Røed (2008) at det stort sett ikke er signifikante endringer i norske farvann.



Figur 19. Prosentvis endring i årlig middel av ekstreme bølger fra dagens klima til framtidens klima i norske farvann. De hvite områdene markerer områder hvor endringen er statistisk sikker. Fra Debernard og Røed (2008).

Klimaendringer som gir endring i vindforholdene, kan forventes å gi endringer også i bølgeforldene. Økt havnivå (se avsnitt 3.8.4) kombinert med forverrede bølgeforldene kan ha store konsekvenser for infrastruktur langs kysten (Tørum og Arntsen, 2006).

Debernard og Røed (2008) har modellert endringer i fremtidige bølgeforldene basert på IPCC-scenarioene A2, B2 og A1B og på de samme åtte dynamiske nedskaleringene som er brukt i de vindberegningene.

Bølgemodellen som er benyttet er den samme som daglig er i bruk ved Meteorologisk institutt til varsling av bølger i norske farvann.

2.8 Havklima

2.8.1 Havsirkulasjon

Varmetransporten i havet er av stor betydning for klimaet i Skandinavia. Et mål på varme- og massetransporten nordover i Atlanterhavet er den såkalte meridionale omveltningen, hvor varmt vann føres nordover nær overflaten, avkjøles og synker ned i nord for å returnere i dypet. Dersom det skulle skje endringer i prosessene som styrer omdanningen av vannmasser i nord, kan volumet av innstrømmende varmt vann endres og klimaet påvirkes. En svekket havsirkulasjon kan blant annet skje ved at temperaturen i overflatevannet øker eller ved at det blir ferskere. Begge disse endringene forventes i dette århundret: Havtemperaturen vil øke, samtidig som økt nedbør på høye nordlige breddegrader og smelting av land- og havis vil gjøre at overflatevannet blir ferskere.

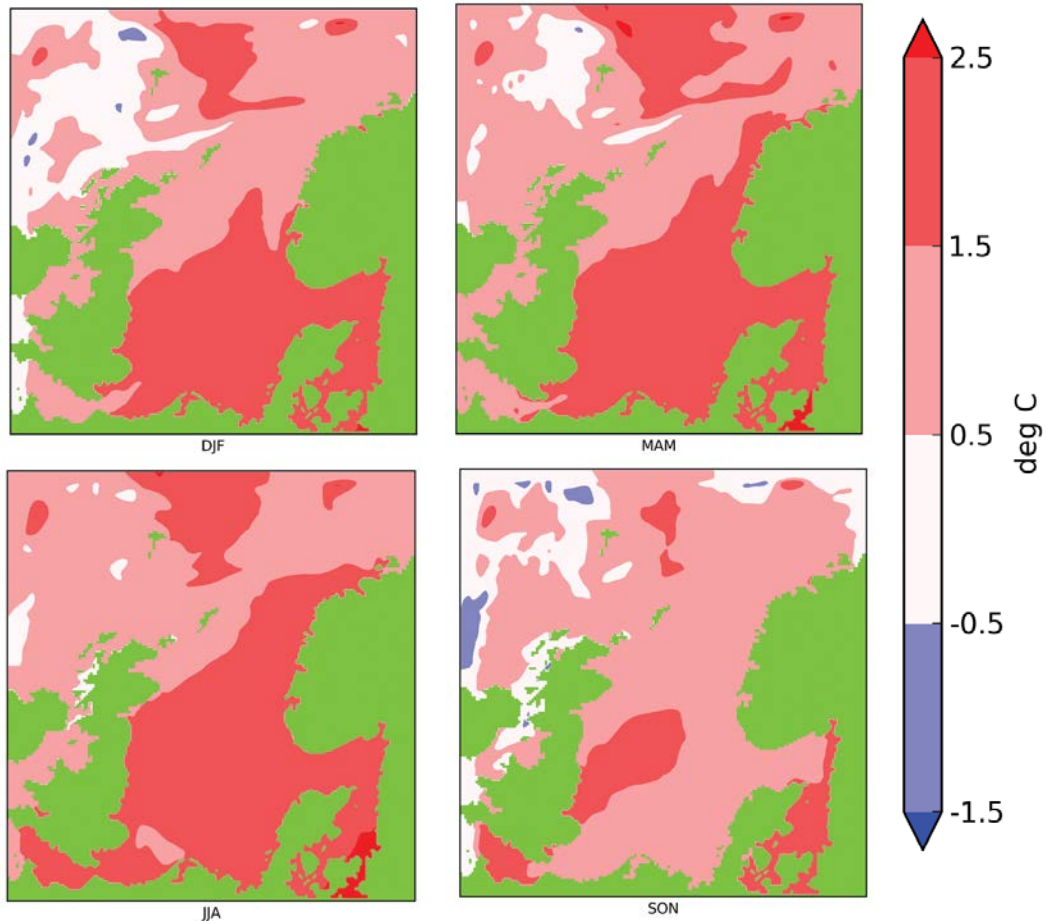
Styrken til omveltningen i Atlanterhavet på 30 °N er analysert i alle modellsimuleringene for IPCC (2007, kapittel 10.3.4). Konklusjonen er at det er sannsynlig at omveltningen kan bli redusert med 20-30 prosent i dette århundret, men at det er svært lite sannsynlig at den vil kollapse. For våre områder tilsier modellberegningene at redusert nordgående varmetransport i havet overskygges av den generelle temperatur-økningen i atmosfæren i dette århundret. Det forventes derfor oppvarming i havområdene utenfor Norge frem mot 2100, på tross av at styrken av omveltningen i Atlanterhavet kan bli noe redusert.

2.8.2 Temperatur

For regionale studier i Nordsjøen har de globale koblede klimamodellene for grov oppløsning til å beskrive sirkulasjonen og topografiske detaljer. Oftest mangler også viktig fysikk for sokkelhav, spesielt tidevannet med tilhørende blanding. En løsning på dette er dynamisk nedskalering, hvor en regional havmodell styres ovenfra og langs rendene av atmosfære- og havkomponentene til en global koplet klimamodell. Slik nedskalering kan ikke korrigere alle feil i storskala forhold, men det er dokumentert at metoden regionalt gir tilleggsverdi til de globale modellene (Ådlandsvik og Bentsen, 2007; Melsom m.fl., 2009).

Det eksisterer langt færre nedskaleringer i havet enn i atmosfæren, og det er derfor ikke grunnlag for å beregne middels, høy og lav fremskrivning. For Nordsjøen er det imidlertid kjørt en regional nedskalering (Ådlandsvik, 2008), og den kan betraktes som en eksempel fremskrivning. Nedskaleringen er basert på utslippsscenarioet A1B og den globale klimamodellen Bergen Climate Model (BCM). Scenarioet dekker perioden 2082–97, med kontrollkjøring for perioden 1982–97. Kontrollkjøringen er validert mot klimatologi (Ådlandsvik og Bentsen, 2007). Scenarioet gir en oppvarming av hele Nordsjøen med middel på 1,4 grader i løpet av hundreårsperioden. De relativt korte tidsperiodene som er brukt (15 år) gjør at usikkerheten er ekstra stor, fordi naturlige variasjoner kan ha betydelig innflytelse på resultatene. Det er likevel verd å merke seg at nedskaleringen gir en sterkere oppvarming enn den globale modellen gir direkte. Oppvarmingen er sterkest i mai med 1,8 grader og svakest i november med 1,0. Overflaten varmes mer enn resten av vannsøylen, med årsmiddel på 1,7 grader. Figur 20 viser geografisk og sesongmessig mønster i endringen i overflatetemperaturen. Oppvarmingen er sterkest i de grunne områdene sør og øst i Nordsjøen. Det er liten for-

skjell på innstrømningen til Nordsjøen i scenario og kontroll. Et følsomheteksperiment tyder på at endringene i atmosfæren betyr mer for havklimautviklingen i et delvis innsluttet grunnhav som Nordsjøen enn endringene i Atlanterhavet.



Figur 20 Endring i overflatetemperaturen i Nordsjø-nedskaleringen. Endring fra kontrollperiode 1972–1997 til framtidsscenario 2072–2097. Fra Ådlandsvik (2008).

2.8.3 Forsuring

Midlere verdier for pH i åpne havområder varierer mellom 7,9 og 8,3 slik at havet er svakt basisk ($\text{pH} > 7$). Siden starten på den industrielle revolusjon har havet absorbert mer enn 25 prosent av den CO_2 som stammer fra fossilt brensel og sementproduksjon. Dette har ført til at havets pH har sunket med 0,1 pH-enheter (Raven m.fl., 2005). Forsuringen er ikke den samme over hele kloden. Den er sterkere på høye breddegrader der havet er relativt kjølig.

Det er verdt å merke seg at forsuringen i hovedsak er en direkte følge av økte CO_2 -utslipp til atmosfæren og skjer uavhengig av drivhuseffekten og global oppvarming.

Fremtidsscenarier for videre forsuring beregnes på bakgrunn av forskjellige scenarier for CO₂-utslipp. Usikkerheten er derfor i stor grad knyttet til framtidige utslipp. Forsuringen forventes å akselerere, og i våre farvann beregnes en nedgang på opptil 0,4 pH-enheter i dette århundret (Steinacher m.fl., 2009, Gattuso og Hansson, 2011).

Det er de siste årene gjennomført en rekke studier av hvordan forsuringen vil påvirke de marine økosystemene. Kroeker m. fl. (2010) konkluderer med at de biologiske effektene av havforsuring generelt er negative, men at stor variasjon i følsomheten til forskjellige organismer skaper «vinnere» og «tapere». Responsen i de marine økosystemene kan derfor bli svært kompleks. Responsen kompliseres ytterligere ved at forsuringen vil foregå parallelt med selve klimaendringene, som innebærer oppvarming, samt endringer i strømningsmønstre og isforhold. I tillegg kan regionale forurensning, for eksempel fra overgjødning, virke inn på følsomheten hos de forskjellige organismene (Doney m. fl. 2012). Det er fortsatt et stort behov for kunnskap på dette feltet, og det foregår betydelig internasjonal forskning for å fylle kunnskapshullene.

2.8.4 Havnivå

Som beskrevet i avsnitt 2.7.2 er lokalt havnivå et resultat både av globale og lokale forhold. Den globale havnivå-økningen skyldes dels termisk utvidelse og dels smelting av isbreer og iskapper. Den siste hovedrapporten fra FNs klimapanel (IPCC, 2007) konkluderer med at den termiske utvidelsen av havet i et 100-års perspektiv vil bidra med 10 til 40 cm. Bidraget fra isbreer og iskapper utenom Antarktis og Grønland beregnes til mellom 5 og 20 cm. Bidragene fra Antarktis og Grønland ble det ikke konsensus om i denne rapporten (IPCC, 2007), men de øvrige bidragene summeres opp til mellom 20 og 60 cm på 100 år. Spriket skyldes dels usikkerhet med hensyn til hvor stor temperaturøkningen blir, dels usikkerhet i modelleringen av forskjellige prosesser.

Det største usikkerhetsmomentet i scenarier for globalt havnivå er likevel i hvilken grad Grønland og Antarktis vil bidra til havnivåendringen fremover. Det er de senere årene kommet flere artikler som kan tyde på at deres bidrag til økt havnivå vil bli betydelige (Pfeffer m.fl., 2008; Bahr m.fl., 2009; Grinsted m.fl., 2009), og at global havnivå-økning derfor kan bli større enn det som projiseres i IPCC (2007). Rahmstorf (2007) presenterte en enkel modell for global havnivå-økning basert på en empirisk sammenheng mellom global temperatur og globalt havnivå. Den gav under utslippsscenario A2 en mest sannsynlig økning i globalt havnivå på 80 cm på 100 år. Modellen har fått kritikk for å være for enkel, hvilket den utvilsomt er. I påvente av mer fysisk baserte estimater som inkluderer ny kunnskap om avsmelting fra Grønland og Antarktis har den likevel blitt brukt som basis for lokale scenarier for havnivåendringer i Norge (Drange m.fl. (2007).

Scenarier for lokal havnivåendring i Norge beregnes ved at globale scenarier justeres for de regionale og lokale effektene som er beskrevet i avsnitt 1.7.2. Med bakgrunn i globale scenarier fra Rahmstorf (2007) antok Drange m.fl. (2007) en mest sannsynlig global havnivå-økning på 80 cm frem mot 2100, med et usikkerhetsintervall fra 20 cm lavere til 35 cm høyere. Drange m. fl. (2007) justerte for effekter av regionale tetthetsvariasjoner og endringer i sirkulasjonsmønstre ved å benytte anslag fra IPCC (2007), som tilsier at økningen i havnivået utenfor den

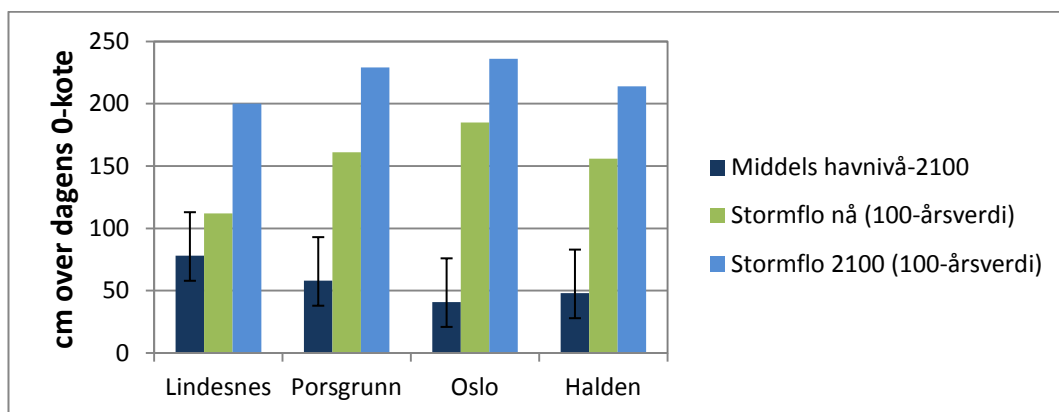
norske kysten kan bli ca. 10 cm høyere enn de globale verdiene. Justering for landheving ble gjort ved bruk av verdier fra Vestøl (2006). På bakgrunn av disse verdiene beregnet Vasskog og Drange (2009) scenarier for havnivå-økning frem mot år 2050 og 2100 for 279 norske kystkommuner. For sør-norske kystkommuner fra Vest-Agder til Østfold gir middelscenariet mellom 40 og 80 cm havnivåøkning frem mot slutten av århundret (Tabell 6). De laveste verdiene finnes innerst i Oslofjorden, og de høyeste i Vest-Agder.

Som nevnt i avsnitt 2.7.2 er det kommet nye estimater for landhevingen i Norge (Simpson m.fl. 2012). Dersom disse legges til grunn må tallene i Tabell 6 reduseres med 5-10 cm i et 100-års perspektiv. Simpson m. fl. (2012) stiller seg også kritisk til bruk av de globale havnivå-scenariene fra Rahmstorf (2007), og de har selv utarbeidet lokale estimater basert på Slangen m.fl. (2011), som i stor grad følger IPCC (2007). I tillegg er regionale effekter av endrede ismasser tatt med i disse estimatene, som alt-i-alt i et 100 års perspektiv blir ca. 0,5 m lavere enn estimatene i Tabell 6. Simpson m. fl. (2012) har imidlertid også med et «høyt scenario» basert på Katsman m. fl. (2011) som inkluderer en global temperaturøkning på 6 °C og kollaps av visse isbremmer i Antarktis (se f. eks. Deltarapporten, 2008). På bakgrunn av dette beregnet Simpson m.fl. (2012) en øvre grense for lokal havnivåøkning i Norge i løpet av det 21ste århundre på 0,7 til 1,3 m, avhengig av den lokale landhevingen. Disse tallene ligger litt i overkant av de høyeste lokale estimatene beregnet av Vasskog og Drange (2009). Totalt sett faller altså havnivåscenariene fra Vasskog og Drange (2009) innenfor usikkerhetsintervallet gitt av Simpson m. fl. (2012), skjønt forskjellen er langt større for den nedre grensen enn for den øvre. Simpson m. fl. (2012) angir ikke sannsynlighet for sitt høye scenarium i forhold til de som er basert på Slangen m.fl. (2011). De oppgir heller ikke noe «middels scenarium».

I prosjektet «Hav møter Land» anbefales å bruke de scenariene for havnivå som gis i Tabell 7 (Vasskog og Drange, 2009), selv om de kan være 5-10 cm for høye frem mot 2100, fordi landhevingen kan være underestimert. Den midlere verdien for global havnivåøkning som ligger til grunn for disse scenariene er sammenlignbar med den som er benyttet av Persson m.fl. (2011) for Vestre Götaland. Verdiene i Tabell 7 er derfor rimelig konsistente med de verdiene Persson m.fl. (2011) har estimert for Vestre Götaland i dette hundreåret (65 til 80 cm). Utvalgte verdier fra tabell 7 er også vist i Figur 20. Når neste rapport fra FNs klimapanel publiseres bør det vurderes å utvikle nye lokale scenarier for havnivå for hele området, basert på ny kunnskap om avsmelting, regional fordeling av smeltevann og landheving.

*Tabell 7 (neste side). Estimert havstigning i år 2050 og 2100 (relativt år 2000) for kommuner med kystlinje fra Vest-Agder til Østfold, hentet fra Vasskog og Drange (2009). **Landheving** (cm) angir hvor mye landet hever seg – og **relativ havstigning** (cm) hvor mye havet forventes å stige relativt land for de to tidsperiodene. **100-års returnivå** (cm) betegner at en stormflo av oppgitt størrelse i gjennomsnitt vil inntreffe én gang i løpet av 100 år. 100-års returnivå er gitt relativt NN1954, som angir null-koten på landkart. Usikkerhetene for havstigning er –8 til +14 cm i år 2050 og –20 til +35 cm i år 2100.*

Fremtidig havnivåstigning i norske kystkommuner								
Kommunenummer	Kommune	Målepunkt	År 2050 relativt år 2000			År 2100 relativt år 2000		
			Landheving (cm)	Havstigning (cm)	100-års returnivå * (relativt NN1954)	Landheving (cm)	Havstigning (cm)	100-års returnivå * (relativt NN1954)
			Usikkerhet: -8 til +14 cm			Usikkerhet: -20 til +35 cm		
Vest-Agder								
1004	Flekkefjord	Flekkefjord	4	27	137	9	81	196
1037	Kvinesdal	Øye	5	28	137	9	81	197
1003	Farsund	Farsund	5	26	140	10	80	199
1032	Lyngdal	Lyngdal	6	25	139	11	79	198
1029	Lindesnes	Åvik	6	25	142	12	78	200
1002	Mandal	Mandal	6	25	144	13	77	201
1018	Søgne	Høllen	7	24	149	14	76	205
1001	Kristiansand	Kristiansand	8	23	152	16	74	208
Aust-Agder								
0926	Lillesand	Lillesand	10	21	160	20	70	214
0904	Grimstad	Grimstad	11	20	163	22	68	216
0906	Arendal	Arendal	12	19	158	24	66	209
0914	Tvedestrand	Tvedestrand	12	19	164	25	65	216
0901	Risør	Risør	13	18	170	26	64	221
Telemark								
0815	Kragerø	Kragerø	13	18	175	26	64	226
0814	Bamble	Langesund	15	16	181	30	60	230
0805	Porsgrunn	Porsgrunn	16	15	181	32	58	229
Vestfold								
0709	Larvik	Larvik	16	15	182	32	58	230
0706	Sandefjord	Sandefjord	17	14	181	34	56	228
0723	Tjøme	Verdens Ende	17	14	171	34	57	219
0720	Stokke	Melsomvik	18	13	170	36	54	216
0722	Netterøy	Årøysund	18	13	170	37	53	216
0704	Tønsberg	Tønsberg	18	13	170	36	54	216
0701	Horten	Horten	19	12	169	39	52	214
0716	Re	Mulodden	20	11	168	40	50	212
0702	Holmestrand	Holmestrand	20	11	168	40	50	212
0713	Sande	Selvik	21	10	167	42	48	211
0711	Svelvik	Svelvik	21	10	167	42	48	211
Buskerud								
0602	Drammen	Drammen (Tangen)	22	9	166	45	45	208
0626	Lier	Linnestranda	22	9	166	45	45	208
0627	Nøyken	Nærnes	22	9	181	45	45	222
0628	Hurum	Tofte	21	10	167	43	48	210
Oslo								
0301	Oslo	Oslo	25	7	197	49	41	236
Akershus								
0220	Asker	Konglungen	23	8	186	47	44	227
0219	Bærum	Sandvika	24	7	192	48	42	232
0216	Nesodden	Nesoddtangen	24	7	191	48	42	231
0217	Oppegård	Svartskog	23	8	183	46	44	224
0215	Frogn	Drebbak	22	9	174	44	46	216
0214	Ås	Nesset	23	8	177	46	44	218
0211	Vestby	Son	20	11	170	39	51	214
Østfold								
0104	Moss	Moss	19	12	170	39	51	214
0136	Rygge	Rørvik	19	12	171	38	52	216
0135	Råde	Saltnes	19	12	171	38	52	217
0106	Fredrikstad	Fredrikstad	19	12	172	38	52	217
0105	Sarpsborg	Høysand	21	10	171	41	49	214
0111	Hvaler	Skjærhøllen	19	12	173	37	53	219
0101	Halden	Halden	21	10	171	42	48	214



Figur 21 Beregnet havnivå i 2100 i forhold til dagens nullkote (mørkeblå søyler gir middelverdi, mens sort klamme angir usikkerhet), samt hundre års gjentakintervall for stormflo under dagens klima (grønne søyler) og i 2100 (lyseblå søyler) for utvalgte steder i prosjektområdet. Tallgrunlaget er hentet fra Vasskog og Drange (2009).

Vasskog og Drange (2009) angir i tillegg til beregnet endring av midlere havnivå, også beregnet 100-års returverdi for stormflo i forhold til null-koten på dagens landkart. Det vil si den stormfloverdien som i gjennomsnitt beregnes å overstiges én gang pr. 100 år.

Flo og fjære skyldes i hovedsak månens tiltrekningskraft på havet, men også solens gravitasjonskraft gir et bidrag. Den høyeste springfloen som er mulig under midlere værforhold kalles høyeste astronomiske tidevann eller HAT. Dette er imidlertid ikke den høyeste mulige vannstand, for i tillegg til de astronomiske påvirkningene spiller også værforholdene en betydelig rolle. Vind kan bidra til oppstuvning av vann langs kysten, og lavt lufttrykk bidrar også til at havnivået øker. Summen av de meteorologiske bidragene kan komme opp i over én meter (*Tidevannstabeller 2007*). Dersom værrets virkning på havnivået sammenfaller med springflo kan vi få havnivåer som betydelig overstiger HAT. Dette kalles stormflo.

I Oslo er 100-års returverdi for stormflo i dag beregnet til 185 cm over dagens nullkote (Vasskog og Drange, 2009). Dersom stormflonivået mot slutten av århundret er uendret i forhold til middelvannstanden, kan det nye stormflo nivået finnes ved å addere endringen i middelvannstand (41 cm for Oslo) til denne verdien, hvilket gir 226 cm. Beregninger av Debernard og Røed (2008) indikerer imidlertid en liten økning i ekstrem stormflo for deler av Skagerak. Derfor legger Vasskog og Drange (2009) til 10 cm for stormflo i år 2100, og 5 for år 2050. For Oslo blir 100 års returverdi ved slutten av århundret derfor 236 cm relativt til dagens null-kote (Tabell 7, siste kolonne; Figur 21, lyseblå søyle).

3. Oppsummering og konklusjoner

Den globale oppvarmingen som forventes frem mot år 2100 som følge av økte utslipp av drivhusgasser beregnes å påvirke klimaet i syd-østre deler av Norge betydelig. Ifølge et middels høyt scenarium beregnes lufttemperaturen i gjennomsnitt å øke med 3,4 °C i dette området fra perioden 1961-1990 til 2071-2100. Vintertemperaturen beregnes å øke med 4,5 °C, vårtemperaturen med 3,2, sommertemperaturen med 2,5 og høsttemperaturen med 3,6 °C. Lave scenarier kan gi 1 til 1,5 grader lavere oppvarming i et hundreårs perspektiv, mens høye scenarier kan gi 1,5 til 2 grader større oppvarming. Området har hatt en temperaturøkning også igjennom det 20. århundret. Den gjennomsnittlige beregnede oppvarmingen for det 21. århundret er imidlertid nesten fire ganger så stor.

Gjennomsnittlig årsnedbør beregnes stort sett å øke i området gjennom det 21. århundret. Et middels høyt scenarium gir en økning i årsnedbøren på ca. 12% i østlige deler av området og 8,5% på Sørlandet. Disse verdiene er sammenlignbare med observert nedbørøkning gjennom det 20. århundre. Nedbøren beregnes stort sett å øke høst, vinter og vår, mens et flertall av scenariene gir mindre sommernedbør. Antall episoder med intens nedbør beregnes i gjennomsnitt å øke i alle årstider – også om sommeren.

Flommønsteret beregnes å endres utover i dette århundret. Smeltevannsflommene vil komme tidligere om våren, og kan etterhvert bli noe mindre. Til gjengjeld vil det kunne forekomme flere kombinasjonsflommer senhøstes og om vinteren. Generelt ventes faren for regnflommer å øke. På Østlandet og Sørlandet beregnes økt fare for tørke om sommeren.

Det beregnes kun små endringer i gjennomsnittlig vindhastighet over det aktuelle området. Det er likevel tegn til at episoder med høy vindhastighet kan forekomme hyppigere over Skagerak. I så fall vil også høyden av ekstreme bølger øke.

Ifølge en middels høy klimafremskrivning beregnes havnivået langs kysten fra Vest-Agder til Østfold å stige med mellom 40-80 cm i løpet av det 21. århundret. Lavest verdi beregnes innerst i Oslofjorden, og høyest verdi i Vest-Agder. Usikkerheten rundt disse verdiene er stor, både fordi det er usikkert hvor mye endringer i is-volumene på Grønland og i Antarktis vil endre seg, og på grunn av usikkerhet regional fordeling og landhevning.

Det finnes adskillig færre modellberegninger av temperaturøkningen i havet enn det gjør for atmosfæren. Et middelshøyt scenarium for Nordsjøen gir en gjennomsnittlig oppvarming på 1,4 grader i løpet av hundreårsperioden. Oppvarmingen beregnes å være sterkest i mai med 1,8 grader og svakest i november med 1,0. Overflaten beregnes å varmes opp mer enn resten av vannsøylen (årsmiddel 1,7 grader).

Økte CO₂-utslipp vil føre til reduserte pH-verdier i havet. Reduksjonen beregnes å bli inntil 0,4 pH-enheter frem mot slutten av det 21. århundret.

4. Litteratur

- Alexandersson, H., H. Tuomenvirta, T. Schmith, K. Iden (2000): «Trends of Storms in NW Europe derived from an updated pressure data set.» *Climate Research* 14 (1), 7173
- Bahr, D.B., M. Dyurgerov, M.F. Meyer (2009) Sealevel rise from glaciers and ice caps: A lower bound. *Geophysical Research Letters* 36, L03501, doi:10.1029/2008GL036309.
- Cazenave, A., A. Lombard, W. Llovel (2008) *Present-day sea level rise: A synthesis*, Comptes R.G., 340, 761
- Church, J.A. m.fl. (2004): «Estimates of the regional distribution of sea-level rise over the 1950 to 2000 period.» *Journal of Climate* 17 (13): 2609–2625
- Debernard, J. og L.P. Røed (2008): «Future wind, wave and storm surge climate in the Northern Seas: a revisit.» *Tellus A*, 60, 427–438
- Deltakommisjonen (2008) Working together with water. A living land builds for its future. http://www.deltacommissie.com/doc/deltareport_full.pdf
- Doney S.C., M. Ruckelshaus, J.E. Duffy, J.P. Barry, F. Chan, C.A. English, H.M. Galindo, J.M. Grebmeier, A.B. Hollowed, N. Knowlton, J. Polovina, N.N. Rabalais, W.J. Sydeman, L.D. Talley (2012) Climate Change Impacts on Marine Ecosystems. *Annual Review of Marine Science*, Vol. 4, 2012, 11–37.
- Drange, H., B. Marzeion, A. Nesje og A. Sorteberg (2007): «Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100.» *Cicerone* 2/2007: 29–31
- Drinkwater, K.F. (2006): «The regime shift of the 1920s and 1930s in the North Atlantic.» *Progress in Oceanography* 68: 134–151
- Dyrrdal, A.V. og D. Vikhamar-Schuler (2009): «Analysis of long-term snow series at selected stations in Norway.» *met.no report* 5/2009 Climate
- Engen-Skaugen, T., L.A. Roald, S. Beldring, E.J. Førland, O.E. Tveito, K. England, R.E. Benestad (2005) Climate change impacts on water balance in Norway. *met.no report* 1/2005 Climate
- Engen-Skaugen, T. (2007): «Refinement of dynamically downscaled precipitation and temperature scenarios.» *Climate Change* 84:365–382, doi: 10.1007/s10584-007-9251-6
- Førland, E.J., T. Engen-Skaugen, R.E. Benestad, I. Hanssen-Bauer og O.E. Tveito (2004): «Variations in Thermal Growing, Heating, and Freezing Indices in the Nordic Arctic, 1900–2050.» *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* vol. 36, nr. 3, s. 346–355
- Førland, E.J. (ed.), E. Alfnes, H. Amundsen, R.P. Asvall, R. Benestad, J. Debernard, T. Engen-Skaugen, I. Hanssen-Bauer, K. Harstveit, J.E. Haugen, G.K. Hovelsrud, K. Isaksen, C. Jaedicke, K. Kronholm, Å.S. Kvambekk, J. LaCasce, L.A. Roald, K. Sletten, K. Stalsberg (2007) Climate change and natural disasters in Norway - An assessment of possible future changes *met.no report* 6/2007 Climate
- Gattuso, J.P. and L. Hansson (2011) *Ocean Acidification*. Oxford University Press, UK. 326 pp

Grinsted, A., J.C. Moore og S. Jevrejeva (2009) Reconstructing sea level from paleo and projected temperatures 200 to 2100 AD. *Climate Dyn.* doi:10.1007/s00382-008-0507-2

Kroeker, K.J. , R.L. Kordas, R.N. Crim, G.G. Singh (2010) Meta-analysis reveals negative yet variable effects of ocean acidification on marine organisms. *Ecology Letters* (2010) 13: 1419–1434 DOI: 10.1111/j.1461-0248.2010.01518.x

Hanssen-Bauer, I, P.Ø. Nordli (1998). Annual and seasonal temperature variations in Norway 1876-1997. *DNMI-Report KLIMA 25/98*, Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway

Hanssen-Bauer, I, E.J. Førland (2000). Temperature and precipitation variations in Norway 1900-1994 and their links to atmospheric circulation. *Int J Climatol* 20 (14): 1693-1708

Hanssen-Bauer, I; Tveito, O.E; Szewczyk-Bartnicka, H (2006). Comparison of grid-based and station-based regional temperature and precipitation series. *met.no Report 04/06*, Norwegian Meteorological Institute, Oslo, Norway

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

Hanssen-Bauer, I., E.J. Førland, J.E. Haugen og O.E. Tveito (2003): «Temperature and precipitation scenarios for Norway. Comparison of results from dynamical and empirical downscaling.» *Climate Research* 25, 15–27

Harstveit, K. (2005): «Extreme value analysis of hindcast wind data from the maritime areas surrounding Norway.» *met.no report 17/2005 Climate*

Haugen, J.E. og T. Iversen (2008): «Response in extremes of daily precipitation and wind from a downscaled multi-model ensemble of anthropogenic global climate change scenarios.» *Tellus*, 60A, 411–426

Hisdal, H., L.A. Roald og S. Beldring (2006): «Past and future changes in flood and drought in the Nordic countries.» *FRIEND2006 – Climate Variability and Change – Hydrological Impacts, IAHS Publication nr. 308*: 169–174

Holliday, N. P., et al. (2008), Reversal of the 1960s to 1990s freshening trend in the northeast North Atlantic and Nordic Seas, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L03614, doi:10.1029/2007GL032675.

Hurrell, J.W. (1995): «Decadal trends in the North Atlantic Oscillation: Regional temperatures and precipitation.» *Science* 269, 676–67

IPCC (2007): *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (S. Solomon, D. Quin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor og H.L. Miller (red.)). Cambridge University Press

IPCC SRES (2000). IPCC Special Report on Emission Scenarios, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 599 p.

Katsman, C. A., Sterl, A., Beersma, J. J., van den Brink, H. W., Church, J. A., Hazeleger, W., Kopp, R. E., Kroon, D., Kwadijk, J., Lammersen, R. et al. (2011). Exploring high-end scenarios for local sea level rise to develop flood protection

strategies for a low-lying delta - the Netherlands as an example. *Climatic Change*, pp. 1–29.

Melsom, A., V. Lien og W.P. Budgell (2009): «Using the Regional Ocean Modeling System (ROMS) to improve the ocean circulation from a GCM 20th century simulation.» *Ocean Dynamics*

NOU (2010) *Tilpassing til eit klima i endring*. Noregs offentlege utgreiingar 2010:10 Servicesenteret for departementa Informasjonsforv., Oslo, ISBN 978-82-583-1065-2

Peltier, W.R. og R.G. Fairbanks (2006) Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record. *Quaternary Science Reviews* 25, 3322–3337

Persson, G., J. Andréasson, D. Eklund, K. Hallberg, S. Nerheim, E. Sjökvist, L. Wern och S. Åström (2011) Klimatanalys för Västra Götalands län *Rapport Nr 2011-45*, SMHI

Pfeffer, W. T., J.T. Harper, and S. O'Neel (2008) Kinematic Constraints on Glacier Contributions to 21st-Century Sea-Level Rise. *Science*, **321**, pp. 1340–1343, doi:10.1126/science.1159099

Rahmstorf, S. (2007): «A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise.» *Science* 315: 368–370

Raven, J., K. Caldeira, H. Elderfield, O. Hoegh-Guldberg, P.S. Liss, U. Riebesell, J. Shepherd, C. Turley og A.J. Watson (2005): «Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide.» *Policy Document 12/2005*. The Royal Society, London

Roald, L.A., S. Beldring, T. Engen-Skaugen, E.J. Førland og R.E. Benestad (2006) Climate change impacts on streamflow in Norway. *NVE oppdragsrapport nr. 1/2006*

Simpson, M., Breili, K., Kierulf, H. P., Lysaker, D., Ouassou, M. og Haug, E. (2012). Estimates of Future Sea-Level Changes for Norway. *Technical Report*, The Norwegian Mapping Authority.

Slangen, A.B.A., C.A. Katsman, R.S.W. van de Wal, L.L.A. Vermeersen and R.E.M. Riva (2011). Towards regional projections of twenty-first century sea-level change based on IPCC SRES scenarios. *Climate Dynamics*, pp. 1–19, doi:10.1007/s00382-011-1057-6.

Sneyers, R (1995). Climate instability determination. Discussion of methods and examples. *Proc. from: 6th International Meeting on Statistical Climatology*. 19-23 June, 1995, Galway, Ireland. 547-550

Sundby, S. og K. Nakken (2008): «Spatial shifts in spawning habitats of Arcto-Norwegian cod related to multidecadal climate oscillations and climate change.» *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 65, doi:10.1093/icesjms/fsn085

Sutton, R.T. og D.L.R. Hodson (2005): «Atlantic Ocean forcing of North American and European summer climate.» *Science* 309:115–118

Steinacher, M., F. Joos, T.L. Frolicher, G.K. Plattner og S.C. Doney (2009): «Imminent ocean acidification in the Arctic projected with the NCAR global coupled carbon cycle-climate model.» *Biogeosciences*, 6 (4): 515–533

Tidevannstabeller 2007. Tidevannstabeller for den norske kyst med Svalbard samt Dover, England. Statens kartverk sjø, 70. Årgang
(<http://vannstand.statkart.no/skjema3.php>)

Toresen, R. og O.J. Østvedt (2000): «Variation in abundance of Norwegian spring-spawning herring (*Clupea harengus*, *Clupeidae*) throughout the 20th century and the influence of climate fluctuations.» *Fish and Fisheries* 1: 231–256

Tveito, O.E., E. Førland, B. Dahlström, E. Elomaa, P. Frich, I. Hanssen-Bauer, T. Jonsson, Heino R, H. Madsen, J. Perälä, P. Rissanen, H. Vedin (1997). Nordic precipitation maps. *DNMI-Report KLIMA* 22/97.

Tveito OE, E. Førland, R. Heino, I. Hanssen-Bauer, H. Alexandersson, B. Dahlström, A. Drebs, C. Kern-Hansen, T. Jonsson, E. Vaarby Laursen, Y. Westman (2000). Nordic temperature maps. *DNMI-Report KLIMA* 09/00.

Tørum, A. og Ø.A. Arntsen (2006): «Possible climate change. An assessment of the impacts on harbour and coastal, including arctic coastal, engineering in Norway. Research needs.» *NTNU Report BAT/MB-R1/2006*

Vasskog, K., H. Drange og A. Nesje (2009) Havnivåstigning Estimer av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner (Revidert utgave), Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).

Vestøl, O. (2006) Determination of postglacial land uplift in Fennoscandia from levelling, tide-gauges and continuous GPS stations using least squares collocation. *Journal of Geodesy* 80: 248–258

Ådlandsvik, B. (2008) Marine Downscaling of a Future Climate Scenario for the North Sea. *Tellus* 60A, 451–458

Ådlandsvik, B. og M. Bentsen (2007): «Downscaling a 20th century global climate simulation to the North Sea.» *Ocean Dynamics* 57, 453–4

HiT skrift / HiT Publication

Inger Hanssen-Bauer: Klima i det 21. århundre i sydøstlige Norge med fokus på kystområdene. 46 s. (HiT-skrift 6/2012)

Jan Ove Tangen: "Golfens helseregnskap". Skisse til en samfunnsøkonomisk analyse av golfens helseeffekter. 50 s. (HiT-skrift 5/2012)

Howard Parker & Frank Rosell: Beaver Management in Norway - A Review of Recent Literature and Current Problems. 62 s. (HiT Publication 4/2012)

Jan Heggenes: Konsekvenser av utslipp av kjølevann i dam Dale, Måna elv, Tinn i Telemark. 21 s. (HiT-skrift 3/2012)

Ellinor Young: På sporet av adopsjon. 47 s. (HiT-skrift 2/2012)

Nanna Løkka og Geir Vestheim (red.): KulturRikets Tilstand 2011. 73 s. (HiT-skrift 1/2012)

Inger M. Oellingrath, Martin V. Svendsen, Ingunn Fjørtoft og Ingebjørg Hestetun: Kostholds- og måltidsmønster, fysisk aktivitet og vektutvikling hos barn i grunnskolen i Telemark. 32 s. HiT-skrift 5/2011.

Jan Heggenes, Frode Bergan og Espen Lydersen: Fiskebiologiske undersøkelser i forbindelse med pålegg om fysiske utbedringer i Vallaråi, Seljord i Telemark. 43 s. (HiT-skrift 4/2011)

Nils E. Sørgaard: Pariteter og stabiliseringspolitikk. 87 s. (HiT-skrift 3/2011)

Jens Wollebæk, Knut H. Røed og Jan Heggenes: Genetisk struktur hos ørret i Mjøsa. 48 s. (HiT-skrift 2/2011)

Per Mangset og Kjærsti Skjeldal (red.): KulturRikets Tilstand 2010. 83 s. (HiT-skrift 1/2011)

Astrid Gundersen og Ellinor Young: Barnevernsarbeideres erfaringer med mødre som har intellektuelle funksjonshemninger. 43 s. (HiT-skrift 5/2010)

Niklas Kreander, Vivien Beattie & Ken McPhail: Charity Ethical Investment in Norway. 46 s. (HiT Publication 4/2010)

Espen Lydersen, Anne Trasti og Jostein Sageie: Tilførsler av næringsstoffer, metaller og andre miljøgifter til grenlandsfjordene 2008. 74 s. (HiT-skrift 3/2010)

Per Mangset og Espen S. Matheussen (red.): KulturRikets Tilstand 2009. 93 s. (HiT-skrift 2/2010)

Ragnar Prestholdt: Fotomotivundersøkelsen i Vrådalen og Tinn 2008. 48 s., 1 cd (HiT-skrift 1/2010)

Kirsten Palm og Hein Lindquist: Læring i en flerspråklig skole. Tospråklig opplæring på barnetrinnet – et eksempel på en organiseringsmodell. 60 s. (HiT-skrift 3/2009)

Jan Heggenes, Jostein Sageie og Jostein Kristiansen: Rehabilitering av elvehabitat i Tokkeåi, Dalen i Telemark: Tilstand og tiltak. 85 s. (HiT-skrift 2/2009)

Sigrun Hvalvik: "Skal vi dele en historie"? Personlige erfaringer som inntak til forståelse i eldreomsorgen. 20 s. (HiT-skrift 1/2009)

Inger M. Oellingrath, Martin V. Svendsen, Michael Reinboth: Kostholds- og måltidsmønster, fysisk aktivitet og vektutvikling hos barn i grunnskolen i Telemark, del 1, 4. klassetrinn. 26 s. (HiT-skrift 4/2008)

Anne Svånaug Haugan, Niels Kayser Nielsen og Peter Stadius (red.): Musikk og nasjonalisme i Norden. 162 s. (HiT-skrift 3/2008)

Niklas Kreander, Vivien Beattie & Ken McPhail: Charity ethical investment: Policy practice and disclosure. 49 s. (HiT Publication 2/2008)

- Ragnar Prestholdt:** Fotomotivundersøkelsen på Geilo, Hovden og i Rauland 2007. 54 s., 1 cd (HiT-skrift 1/2008)
- Anne Aasmundsen, Per Isaksen og Ragnar Prestholdt:** Reiselivsundersøking i Setesdal 2006. 47 s., vedlegg. (HiT-skrift 1/2007)
- Jan Heggenes og Jostein Sageie:** Rehabilitering av Måna, Tinn i Telemark: Tilstand og tiltak. 73 s. (HiT-skrift 6/2006)
- Nils Per Hovland:** Bygg nettverk – stå på! En studie av entreprenørielle prosesser i Buskerud, Telemark og Vestfold. 45 s. (HiT-skrift 5/2006)
- Sigrun Hvalvik og Ellinor Young:** ”Et sted hvor hun kan finne seg til rette og bo...”. Om ugifte mødre og fødehjem i Telemark i perioden 1916-1965. 36 s. (HiT-skrift 4/2006)
- Halvor Kleppen:** Etikette i golf. 71 s. (HiT-skrift 3/2006)
- Arne Hjeltnes:** Kartlegging av habitater til hjort i deler av 4 kommuner i Telemark. Utprøving av objektbasert klassifikasjon på Landsat 5 satellittdata. 35 s., 1 kart. (HiT-skrift 2/2006)
- Arne Hjeltnes:** Høyopløselige bilder som grunnlag for overvåking av endringer i fjellvegetasjon. Skisse til nytt registreringssystem. 47 s. (HiT-skrift 1/2006)
- Ole Martin Høystad:** Tempo og paradoks i mentalitetshistoriske endringer. Undset-Elias-Foucault. 40 s. (HiT-skrift 7/2005)
- Ole Martin Høystad:** Hjertet i hjernen. Det biologiske grunnlaget for kjenslene. 49 s. (HiT-skrift 6/2005)
- Else Marie Halvorsen:** Forskning gjennom skapende arbeid? 61 s. (HiT-skrift 5/2005)
- Synne Kleiven:** Overvåking av Prestevju rensesepark. Sluttrapport 2002-2004. 15 s., vedlegg. (HiT-skrift 4/2005)
- Anne Aasmundsen, Per Isaksen og Ragnar Prestholdt:** Reiselivsundersøking i Setesdal 2004. 48 s. (HiT-skrift 3/2005)
- Bjørn Egeland, Norvald Fimreite and Olav Rosef:** Liver element profiles of red deer with special reference to copper, and biological implications. 32 s. (HiT Publication 2/2005)
- Arne Lande, Kjell Lande og Torstein Lauvdal (2005):** Fiskeundersøking i 4 kalka vatn på Gråhei, Bygland kommune, Aust-Agder. 22 s. (HiT-skrift 1/2005)
- Oddvar Hollup:** Educational policies, reforms and the role of teachers unions in Mauritius. 37 s. (HiT Publication 8/2004)
- Bjørn Kristoffersen:** Introduksjon til databaseprogrammering med Java. 33 s. (HiT-skrift 7/2004)
- Inger M. Oellingrath:** Kosthold, kroppslig selvbilde og spiseproblemer blant ungdom i Porsgrunn. 45 s. (HiT-skrift 6/2004)
- Svein Roald Moen:** Knud Lyne Rahbeks Dansk Læsebog og eksempelsamling til de forandrede lærde Skolers Brug. 491 s. (HiT-skrift 5/2004)
- Tangen, Jan Ove, red.** Kyststien – tre perspektiver. 27 s. (HiT-skrift 3/2004)
- Jan Ove Tangen:** Idrettsanlegg og anleggsbrukere-tause forventninger og taus kunnskap. 59 s. (HiT-skrift 2/2004)
- Greta Hekneby: Fonologisk bevissthet og lesing. 43 s. (HiT-skrift 1/2004)
- Ingunn Fjørtoft og Tone Reiten:** Barn og unges relasjoner til natur og friluftsliv. 83 s. (HiT-skrift 10/2003)

- Else Marie Halvorsen:** Teachers' understanding of culture and of transference of culture. 40 s. (HiT-skrift 9/2003)
- P.G. Rathnasiri and Magnar Ottøy:** Oxygen transfer and transport resistance across Silicone tubular membranes. 31 s. (HiT Publication 8/2003)
- Else Marie Halvorsen:** Den estetiske dimensjonen og kunstfeltet - ulike tilnærminger. 17 s. (HiT-skrift 7/2003)
- Else Marie Halvorsen:** Estetisk erfaring. En fenomenologisk tilnærming i Roman Ingardens perspektiv. 12 s. (HiT-skrift 6/2003)
- Steinar Kjosavik:** Fra forming til kunst og håndverk, fagutvikling og skolepolitikk 1974-1997. 48 s. (HiT-skrift 5/2003)
- Olav Solberg, Herleik Baklid, Peter Fjågesund, red.:** Tekst og tradisjon. M. B. Landstad 1802-2002. 106 s. (HiT-skrift 4/2003)
- Ella Melbye:** Hovedfagsoppgaver i forming Notodden 1976-1999. Faglig innhold sett i lys av det å forme. 129 s. 1 CD-rom. (HiT-skrift 3/2003)
- Olav Rosef m.fl.:** Escherichia coli-bakterien som alle har –men som noen blir syke av – en oversikt. 22 s. (HiT-skrift 2/2003)
- Olav Rosef m.fl.:** Forekomsten av *E.coli* O157 ("hamburgerbakterien") hos storfe i Telemark og i kjøttdeig fra Trøndelag (2003) 25 s. (HiT-skrift 1/2003)
- Roy Istad:** Oppretting av polygon. 24 s. (HiT-skrift 3/2002)
- Ella Melbye, red.:** Hovedfagsstudium i forming 25 år. 81 s. (HiT-skrift 2/2002)
- Olav Rosef m.fl.:** Hjorten (*Cervus elaphus atlanticus*) i Telemark. 29 s. (HiT-skrift 1/2001)
- Else Marie Halvorsen:** Kulturforståelse hos lærere i Telemark anno 2000. 51 s. (HiT-skrift 4/2000)
- Norvald Fimreite, Bjarne Nenseter and Bjørn Steen:** Cadmium concentrations in limed and partly reacidified lakes in Telemark, Norway. 16 s. (HiT-skrift 3/2000)
- Tåle Bjørnvold:** Minimering av omstillingstider ved produksjon av høvellast. 65 s. (HiT-skrift 2/2000)
- Sunil R. de Silva, ed.:** International Symposium. Reliable Flow of Particulate Solids III Proceedings. 11- 13. August 1999, Porsgrunn, Norway. Vol. 1-2 (HiT-skrift 1/2000)

HiT notat / HiT Working Paper

Jan Heggenes: Konsekvenser av nytt sideløp til båthavn ved kanal undervann Mel kraftstasjon, Måna elv, Tinn i Telemark. 22 s. (HiT-notat 1/2012)

Heidi Haukelien: I velferdsstatens randsone. Evaluering av Boteam, Porsgrunn. 75 s. (HiT-notat 3/2008)

Olav Tangvald-Pedersen , red.: "Å komme seg". Pasientformulert rehabilitering. 50 s. (HiT-notat 2/2008)

Jan Heggenes: Tinfos I – kanalisering av undervannet, fiskebiologiske vurderinger. 14 s. (HiT-notat 1/2008)

Olav Dalland og Kjersti Røsvik: Fra intensjon til realitet og tilbake til intensjonen igjen. Evaluering av fleksibelt bachelorstudium i sykepleie. 77 s. (HiT-notat 3/2007)

Per Gunnar Disch m.fl.: Feltarbeid på nett. En oppsummering av erfaringer fra feltarbeid på fleksibel sykepleierutdanning kull 2002. 11 s. (HiT-notat 2/2007)

Per Gunnar Disch og Anne K. Malme, red.: Selvevaluering av fleksibelt bachelorstudium i sykepleie. Fra intensjon til realitet. 77 s. (HiT-notat 1/2007)

Sidsel Beate Kløverød: Tap av verdighet i møte med offentlig forvaltning. 135 s. (HiT-notat 2/2004)

Roy M. Istad : Tettere studentoppfølging? Undervegsrapport fra et HiT-internt prosjekt. 15 s. (HiT-notat 1/2004)

Eli Thorbergesen m.fl.: "Kunnskapens tre har røtter..." Praksisfortellinger fra barnehagen. En FOU-rapport. 42 s. (HiT-notat 5/2003)

Per Arne Åsheim , ed.: Science didactic. Challenges in a period of time with focus on learning processes and new technology. 54 s. (HiT Working Paper 4/2003)

Roald Kommedal and Rune Bakke: Modeling Pseudomonas aeruginosa biofilm detachment. 29 s. (HiT Working Paper 3/2003)

Elisabeth Aase: Ledelse i undervisningssykehjem. 27 s., vedlegg. (HiT-notat 2/2003)

Jan Heggenes og Knut H. Røed: Genetisk undersøkelse av stamfisk av ørret fra Måna, Tinnsjø. 10 s. (HiT-notat 1/2003)

Erik Halvorsen, red.: Bruk av Hypermedia og Web-basert informasjon i naturfagundervisningen. Presentasjon og kritisk analyse. 69 s. (HiT-notat 2/2002)

Harald Klempe: Overvåking av grunnvannsforurensning fra Revdalen kommunale avfallsfylling, Bø i Telemark. Årsrapport 2000. 24 s. (HiT-notat 1/2002)

Jan Ove Tangen: Kompetanse og kompetansebehov i norske golfklubber. 12 s. (HiT-notat 6/2001)

Øyvind Risa: Evaluering av Musikk 1. 5 vekttall. Desember 2000. Høgskolen i Telemark, Allmennlærerutdanninga på Notodden. 39 s. (HiT-notat 5/2001)

Harald Klempe: Overvåking av grunnvannsforurensning fra Revdalen kommunale avfallsfylling, Bø i Telemark. Årsrapport 1999. 22 s. (HiT-notat 4/2001)

Harald Klempe: Overvåking av grunnvannsforurensning fra Revdalen kommunale avfallsfylling, Bø i Telemark. Årsrapport 1998. 22 s. (HiT-notat 3/2001)

Sigrun Hvalvik: Tolking av historisk tekst – et hermeneutisk perspektiv. Et vitenskapsteoretisk essay. 28 s. (HiT-notat 2/2001)

Sigrun Hvalvik: Georg Henrik von Wright. Explanation of the human action : an analysis of von Wright's assumptions from the perspective of theory development in nursing history. 27 s. (HiT-notat 1/2001)

Arne Lande og Ralph Stålberg, red.: Bruken av Hardangervidda – ressurser, potensiale, konflikter. Bø i Telemark 8.-9. april 1999. Seminarrapport. 57 s. (HiT-notat 3/2000)

Nils Per Hovland: Studentar i oppdrag: ein rapport som oppsummerer utført arbeid og røynsler frå prosjektet "Nyskaping som samarbeidsprosess mellom SMB og HiT", 1998-2000. 24 s. (HiT-notat 2/2000)

Jan Heggenes : Undersøkelser av gyteplasser til ørret i Tinnelvas utløp fra Tinnsjø (Tinnoset), Notodden i Telemark, 1998. 7 s. (HiT-notat 1/2000)

HiT-skrift og HiT-notat kan bestilles fra Høgskolen i Telemark, kopisenteret i Bø:
e-post: kopi-bo@hit.no, tlf. +47 35952834

HiT Publications and HiT Working Papers can be ordered from the Copy Centre,
Telemark University College, Bø Campus:
email: kopi-bo@hit.no, tel.: +47 35952834

De fleste HiT-skrift og HiT-notat finnes elektronisk i TEORA -Telemark Open Research
Archive <http://teora.hit.no/>

You will find most of the HiT Publications and HiT Working Papers in full-text in TEORA
-Telemark Open Research Archive <http://teora.hit.no/>