

Klimaprofiler for fylker

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

NCCS report no. 3/2017



Foto: Arne T. Hamarsland, NVE

Redaktører

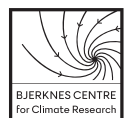
Hege Hisdal, Dagrun Vikhamar-Schuler, Eirik J. Førland og Irene Brox Nilsen

KLIMAPROFILER FOR FYLKER



Norsk klimaservicesenter (NKSS) er et samarbeid mellom Meteorologisk institutt, Norges vassdrags- og energidirektorat, Uni Research og Bjerknessenteret. Senterets hovedformål er å gi beslutningsgrunnlag for klimatilpasning i Norge. I tillegg til samarbeidspartnerne er Miljødirektoratet representert i styret.

NKSS' rapportserie omfatter ikke bare rapporter der en eller flere forfattere er tilknyttet senteret, men også rapporter som senteret har vært med på å initiere. Alle rapporter som trykkes i serien har gjennomgått en faglig vurdering av minst en fagperson knyttet til senteret. Rapporter i denne serien kan i tillegg inngå i rapportserier fra institusjoner som hovedforfatterne er knyttet til.



KLIMAPROFILER FOR FYLKER

Tittel: Klimaprofiler for fylker

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Dato

05.07.2017

ISSN nr.

2387-3027

Rapport nr.

3/2017

Redaktører

Hege Hisdal (NVE), Dagrun Vikhamar-Schuler (NVE/MET), Eirik J. Førland (MET) og Irene Brox-Nilsen (NVE)

Klassifisering

- Fri
- Begrenset

Oppdragsgiver

Miljødirektoratet

Oppdragsgivers referanse

Sammendrag

Rapporten er en samling av klimaprofiler for norske fylker. Klimaprofilene er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel for å integrere klimatilpasning i planlegging, og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. For hvert fylke er klimaprofilene blitt til i dialog med fylkesmenn, fylkeskommuner og kommuner.

I Stortingsmeldingen om Klimatilpasning (Meld St. 33) sier regjeringen at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. I klimaprofilene er det derfor hovedvekt på klimaendringer beregnet som resultat av høye klimagassutslipp; dvs. utslippsscenario RCP8.5. I hovedsak er det midlere verdi (medianen) fra ulike modeller som presenteres.

Klimaprofilene gir for hvert fylke et kortfattet sammendrag av klima og forventede endringer i: temperatur, nedbør og overvann, vindforhold, snøforhold, vannføring og flom, tørke, isgang, ulike skredtyper, havnivå og stormflo.

Klimaprofilene, henvisninger til relevante veiledere og tilleggsinformasjon er tilgjengelig på KSS sine nettsider: klimaservicesenter.no

Nøkkelord

Klima i norske fylker, klimafremskrivninger, meteorologiske og hydrologiske klimaelement



Fagansvarlig



Administrativt ansvarlig

Innholdsfortegnelse

Agder	8
Buskerud	16
Finnmark	24
Hedmark	32
Hordaland	40
Møre og Romsdal	48
Nordland	56
Nord-Trøndelag	64
Oppland	72
Oslo og Akershus	80
Rogaland	88
Sogn og Fjordane	96
Sør-Trøndelag	104
Telemark	112
Troms	120
Vestfold	128
Østfold	136

Forord

Oppdragsgiver for denne rapporten er Miljødirektoratet. Arbeidet med klimaprofilene har blitt ledet av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Meteorologisk institutt (MET), men uten forskning og resultater fra Uni Research, Bjerknessenteret og flere andre institusjoner hadde vi ikke kunnet fylle profilene med innhold. I tillegg har fagpersoner ved NVE og MET gitt verdifulle innspill om regionale og lokale forhold som er spesielt omtalt i klimaprofilene. Tusen takk for arbeidet dere har gjort!

Klimaprofilene er blitt til i dialog med fylkesmenn, fylkeskommuner og kommuner. Det hele startet med et pilotprosjekt i Troms som la grunnlaget for utformingen og innholdet i klimaprofilene. En stor takk til alle som var med fra DSB, Fylkesmannen i Troms, Troms fylkeskommune, Balsfjord, Lyngen, Målselv og Tromsø kommuner og alle som har gitt innspill fra «sitt» fylke!

Lanseringene av klimaprofilene har funnet sted på fylkesutvalgs- og fylkestingsmøter eller andre møter i fylket. Tusen takk til alle som har tilrettelagt for dette og alle fra NVE og MET som har presentert klimaprofilene på disse møtene!

En stor takk går også til avdelingene for kommunikasjon ved NVE, MET og Bjerknessenteret for grafisk design og utforming av klimaprofilene, språkvask og arbeidet i forbindelse med lanseringene. En spesiell takk til Ingrid Våset (MET), som har klargjort klimaprofilene og denne rapporten for publisering.

Denne rapporten kan lastes ned fra Klimaservicesenterets nettportal (www.klimaservicesenter.no).

Oslo, juli 2017



Hege Hisdal

Innledning

Bakgrunn - om rapporten «Klima i Norge 2100»

Norsk klimaservicesenter ga i 2015 ut rapporten «Klima i Norge 2100» (Hanssen-Bauer mfl., 2015); et oppdatert vitenskapelig grunnlag for klimatilpasning i Norge. Fokuset er på fremtiden, men rapporten beskriver også årsakene til klimaendringer og variabilitet, utviklingen av klimaet i Norge siden siste istid og særskilt i perioden med målinger. I all hovedsak er klimafremskrivningene basert på scenarioene for klimagassutslipp som ligger til grunn for den 5. hovedrapporten fra FNs klimapanel (IPCC, 2013).

For å beregne hvordan menneskelig aktivitet vil virke inn på klimaet fremover må det gjøres antagelser om hvordan de menneskeskapte utslippene vil utvikle seg. I «Klima i Norge 2100» er det presentert resultat fra tre scenarioer for fremtidige klimagassutslipp, såkalte *Representative Concentration Pathways*, RCP (IPCC, 2013). Ved utslippsscenario RCP2.6 er det stabile klimagassutslipp de første årene; og en kraftig reduksjon fra 2020. Ved RCP4.5 er det stabile/ svakt økende utslipp til 2040; deretter reduserte utslipp. RCP8.5 er et scenario med høye klimagassutslipp. Det kalles ofte «business as usual» scenarioet, fordi økningen i globale klimagassutslipp i stor grad følger samme utvikling som vi har hatt de siste ti-årene.

Utslippsscenarioet RCP2.6 er det eneste som kan gi en global oppvarming på under 2 °C i forhold til perioden 1850-1900. Utslippsscenario RCP4.5 gir en global temperaturøkning på ca. 2.5 °C mot slutten av dette århundret, mens det ved RCP8.5 er svært sannsynlig at global temperaturøkning ved slutten av århundret blir mer enn 4 °C. For Norge er klimaendringene for ulike RCP'er beregnet i forhold til referanseperioden 1971-2000. For fastlands-Norge blir temperaturøkningen frem til 2071-2100 for RCP2.6 ca. 1,6 °C, for RCP4.5 ca. 2,7 °C og for RCP8.5 ca. 4,5 °C (Hanssen-Bauer et al., 2100).

Selv for et gitt utslippsscenario kan vi ikke med sikkerhet beregne hvordan klimaet vil utvikle seg,

blant annet fordi vi ikke kjenner klimasystemets følsomhet. Kjøringer med ulike globale klimamodeller kan derfor gi forskjellig resultat; - selv for samme klimagassutslipp. Både i IPCC (2013) og i «Klima i Norge 2100» brukes spredningen i ensembler av modellberegninger under én og samme RCP som mål på usikkerhet. Det er også andre kilder til usikkerhet i modellberegningene, og vi har ingen garanti for at modellberegningene er representative for den virkelige usikkerheten. Vi anser likevel at spredningen innen ensembler av modellberegninger som er foretatt for samme RCP, er det beste målet for usikkerhet vi for øyeblikket kan gi. I «Klima i Norge 2100» er usikkerheter knyttet til klimafremskrivningene beskrevet i detalj.

Vi bruker resultat fra simuleringer med *ulike* klimamodeller til å beregne mulige fremtidige klimaendringer. For et gitt (RCP) presenteres resultatene fra ensemblene som medianverdi, 10-persentil («Lav») og 90-persentil («Høy»).

«Klima i Norge 2100» inkluderer klimafremskrivninger for alle utslippsscenarioene RCP8.5, RCP4.5 og RCP2.6. På nettsidene til Klimaservicesenteret (www.klimaservicesenter.no) er det for temperatur og nedbør gitt detaljerte data for hvert fylke for midlere verdier og spredning («Med», «Lav» og «Høy» fremskrivning) for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp (RCP4.5 og RCP8.5) både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.

Hvorfor «klimaprofiler», og hva beskrives i klimaprofilene?

I «Klimaprojekt Troms» (2012-2014) ble det undersøkt hvordan klimatilpasning kan integreres i planlegging etter plan- og bygningsloven. Gjennom dette prosjektet ble det kartlagt at det finnes mye tilgjengelig informasjon om klimaendringer. Kommunene trenger imidlertid bedre tilrettelagte data samt praktisk veiledning både til å finne denne informasjonen og til hvordan de konkret kan bruke den i planleggingen (Klimaprojekt Troms, 2015). Resultatene fra dette prosjektet har gitt viktige bidrag til utformingen av klimaprofilene.

Basert på erfaringene fra «Klimaprojekt Troms» og resultat fra «Klima i Norge 2100» er det laget

KLIMAPROFILER FOR FYLKER

«klimaprofiler» for alle fylker i Norge. For hvert fylke er disse klimaprofilene blitt til i dialog med fylkesmenn, fylkeskommuner og kommuner. Klimaprofilene er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til «Klimahjelperen» (DSB, 2015). Klimaprofilene har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. Det er viktig å være klar over at de menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene av klimagasser reduseres vesentlig.

I Stortingsmeldingen om Klimatilpasning (Meld St. 33) sier regjeringen at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. I klimaprofilene viser vi derfor klimaendringer beregnet som resultat av høye klimagassutslipp; dvs. utslippsscenario RCP8.5. I hovedsak er det midlere («median») verdi fra ulike modeller som presenteres.

Klimaprofilene gir for hvert fylke, et kortfattet sammendrag av klima og forventede endringer i:

- temperatur
- nedbør og overvann
- vindforhold
- snøforhold
- vannføring og flom
- tørke
- isgang
- ulike skredtyper
- havnivå og stormflo

En del av disse endringene vil kreve tilpasning allerede i dag; for tiltak med lang levetid. Eksempler er plassering av boligområder og plassering eller dimensjonering av infrastruktur. Klimaprofilene anbefaler også såkalte «klimapåslag». Dette er tallfesting av hvor mye man bør øke dagens dimensjonerende verdier for ikke å øke sannsynligheten for skade selv om klimaet endres.

Hva beskrives ikke i klimaprofilene?

Endringer i klima og hydrologi vil samlet gi ytterligere konsekvenser for naturen, naturbaserte

næringer og andre samfunnssektorer. Disse effektene er i liten grad beskrevet i klimaprofilene.

Hvor finner du mer informasjon?

Denne rapporten samler alle klimaprofilene mellom to permer. Klimaprofilen for hvert fylke kan du laste ned fra www.klimaservicesenter.no. Der finnes også mye klimainformasjon som ikke kom med i klimaprofilene. Ulike veiledere som er nyttige i arbeidet med klimatilpasning er referert med lenker til slutt i klimaprofilene. I «Klimahjelperen» (DSB, 2015) finner du veiledning i hvordan samfunnssikkerhet og klimatilpasning kan ivaretas i planlegging etter plan- og bygningsloven. På klimatilpasning.no har Miljødirektoratet oppsummert veiledninger, erfaringer og kunnskap om klimatilpasning.

Referanser

DSB, 2015: TEMA/Klimahjelperen: En vei-leder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven

Hanssen-Bauer, I. m. fl., 2015: Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning. Oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - <https://klimaservicesenter.no>

IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Stocker, TF, D Qin, G-K Plattner, M Tignor, SK Allen, J Boschung, A Nauels, Y Xia, V Bex and PM Midgley (eds.); Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf

“Klimaprojekt Troms - Lokal tilpasning til et klima i endring gjennom planlegging”, Sluttrapport 04.12.2015, Fylkesmannen i Troms

Meld. St. 33 (2012-2013) Klimatilpasning i Norge - <https://www.regjeringen.no>

Klimaprofil

Agder

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Februar 2017
Oppdatert juli 2017



Flom i Fedaelva i Vest-Agder under ekstremværet «Synne», desember 2015. Foto: Trond Dugan

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Agder. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenarioet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.




På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil i Agder særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.

ØKT SANNSYNLIGHET	
 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke

MULIG ØKT SANNSYNLIGHET	
 Tørke	Liten eller ingen nedbørøkning om sommeren og høyere temperaturer og økt fordampning gir økt fare for tørke
 Isgang	Kortere isleggingssesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene. Nesten isfrie elver nær kysten
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på snødekket underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIG	
 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret

USIKKERT	
 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsakelig av mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Agder fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

1. Klimaet og klimaendringer i Agder

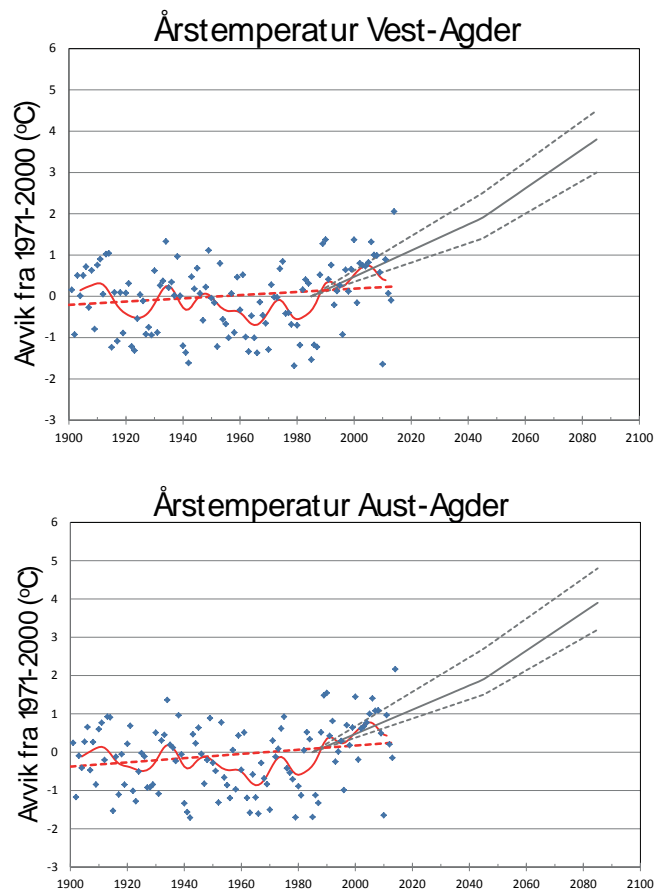
Det er store kontraster i klimaet mellom ulike deler av Agder. Nær kysten er klimaet mildt og med gjennomsnittlig årstemperatur på nesten 8 °C, mens fjellstrøkene har årstemperatur på under 0 °C. Vinterstid kan det bli kaldere enn -30 °C i indre dalstrøk, mens det på varme sommerdager kan bli over 30 °C både ved kysten og i dalstrøkene. Sommerstid er kyststrøkene i Agder blant de varmeste og mest solrike i landet. Årsnedbøren varierer fra under 1000 mm i enkelte indre dalstrøk og ytterst ved kysten, til over 2500 mm i de vestligste fjellområdene. Det beregnes at årstemperaturen i Agder fra 1971-2000 til 2071-2100 vil øke med ca. 4 °C, med størst økning om vinteren og minst om sommeren. Nedbøren er beregnet å øke med ca. 10%; med størst økning i vintersesongen. Sommerstid ventes det små endringer i totalnedbøren. Dager med mye nedbør kommer litt hyppigere, og med økt nedbørintensitet. For vind viser beregningene små endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Agder er beregnet å øke med ca. 4,0 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinteren, med litt over 4,0 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med omkring 3,5 °C. Vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder, og mest i ytre kyststrøk. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere.

Figur 1A og 1B viser avvik i hhv. årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Agderfylkene er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur og nedbør:

- Arendal 7,5 °C / 1040 mm
- Nelaug 6,1 °C / 1245 mm
- Kristiansand 7,4 °C / 1380 mm



Figur 1A. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur i Vest-Agder (øverst) og Aust-Agder (nederst). Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for endring av temperatur frem mot slutten av århundret for høye klimagassutslipp.

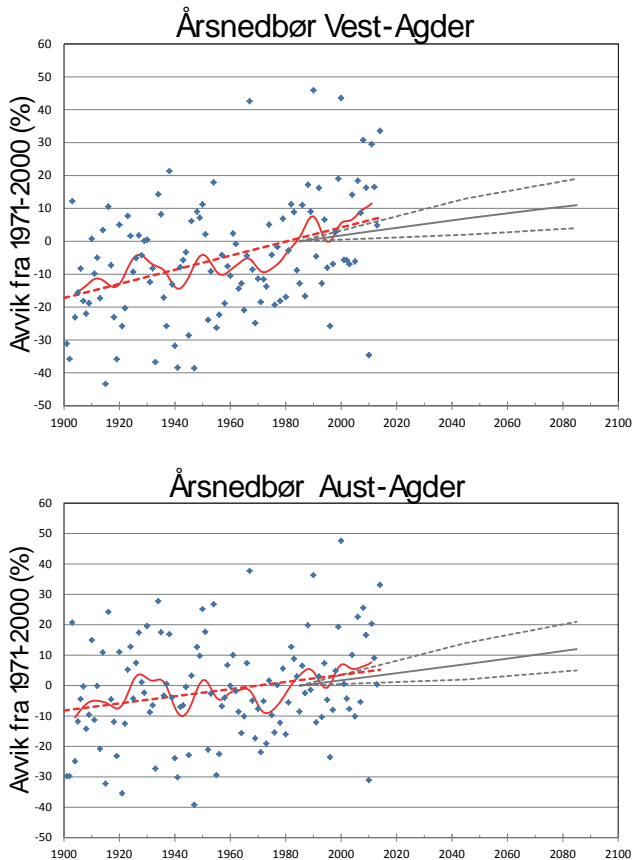
- Byglandsfjord 6,0 °C / 1305 mm
- Bjåen 1,3 °C / 1035 mm
- Lindesnes Fyr 7,8 °C / 1155 mm
- Tonstad 6,4 °C / 2010 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Agder er beregnet å øke med ca. 10%. Sesongmessig fordeler dette seg slik:

- Vinter: 25 %
- Vår: 20 %
- Sommer: 0 % (Aust-Agder), -5 % (Vest-Agder)
- Høst: 5 %

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørintensiteten for døgn med kraftig



Figur 1B. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årsnedbør i Vest-Agder (øverst) og Aust-Agder (nederst). Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplede røde strek er observerte trend, mens røde kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukne grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for endring av nedbør frem mot slutten av århundret for høye klimagassutslipp.

nedbør forventes å øke med ca. 15 %. For kortvarige nedbørepisoder er det indikasjoner på at økningen i intensitet kan være større enn for verdiene i løpet av ett døgn. Inntil videre anbefales et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø i lavereliggende områder, men det vil fortsatt være enkelte år med betydelig snøfall selv i lavlandsområder. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen. Høyereliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens regnflommene forventes å bli større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og små bratte vassdrag. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 20 % for alle store nedbørfelt i Aust- og Vest-Agder. For små nedbørfelt som reagerer raskt på nedbør, anbefales minst 20 % klimapåslag. Det skal tas hensyn til flomfare i et endret klima ifølge TEK10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

De største vassdragene i Agderfylkene er Nidelva (3900 km²), Otra (3600 km²), Sira (1900 km²), Mandalselva (1800 km²), Tovdalselva (1800 km²) og Kvina (1445 km² før regulering). Mange vassdrag er sterkt regulert, slik at flomregimet påvirkes av reguleringene. De største flommene er ofte regnflommer på sensommeren og høsten, men snøsmelteflommer om våren er også vanlig. I de høyereliggende områdene av vassdragene er vårflommer årets største flom. Dersom det også kommer regn under snøsmeltingen vil flommene bli spesielt store. Intens nedbør om sommeren og høsten kan også gi store skadeflommer. Sideelver som bryter ut av sitt normale løp kan være en viktig skadeårsak i flomsituasjoner. Skadepotensialet er spesielt stort når elva går gjennom tettsteder og bebygde områder.

KLIMAPROFIL AGDER

Mange tettsteder og byggefelt er anlagt på skredvifter rundt små og store elver. Skadene her skyldes ofte både oversvømmelse, erosjon og stor masseføring (stein og grus som kan bidra til flomskadene). Flomskadene kan bli store på bebyggelse, infrastruktur og jordbruksområder. Dessuten skaper flom ofte problemer for fremkommelighet på vegnettet.

Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at vannføringen i Agderfylkene i perioden 1985-2014 var noe større enn perioden 1971-2000. Det har vært størst økning om vinteren og sommeren, og omtrent uendret vannføring om våren og høsten. Økt vannføring om vinteren kan skyldes at mer av nedbøren kommer som regn.

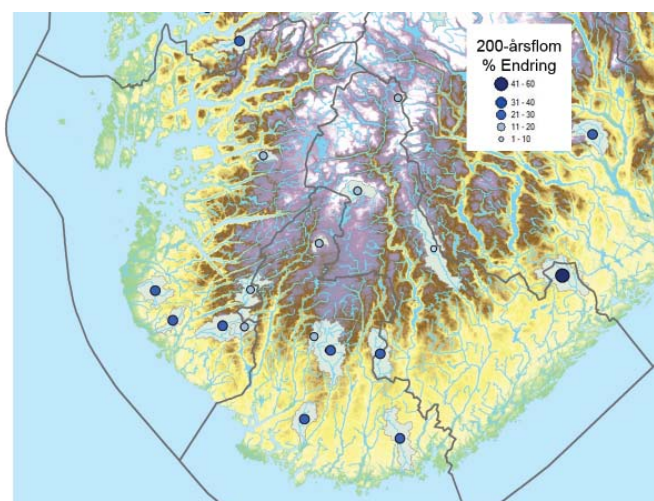
Fremtidige endringer

I Agder forventes gjennomsnittlig årlig vannføring å være omtrent uendret. Selv om nedbøren forventes å øke noe, vil også fordampningen øke som følge av økt temperatur. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Det er kun om vinteren at det forventes økt

og høst skyldes små endringer i nedbør kombinert med økt fordampning i disse årstidene.

Beregningene viser at også de ekstreme vannføringene vil endre seg (figur 2). Klimaendringer i form av mer intense nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn i stedet for snø forventes å endre flomregimet i Agderfylkene frem mot 2100:

- Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene i alle elver vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret.
- Nedbøren forventes å øke og en stadig større andel vil komme som regn. I kystnære elver hvor årets største flom i dag er en regnflom forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen.
- I mindre, bratte vassdrag (elver og bekker) som reagerer raskt på kraftig regn, og i tettbygde strøk vil mer intens lokal nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man også forvente minst 20 % økning i flomvannføringene, og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier.



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

avrenning, ellers forventes redusert avrenning vår, sommer og høst. Den økte vintervannføringen skyldes at vinternedbøren øker med ca. 25 %, og mer nedbør vil komme som regn i stedet for snø. Redusert avrenning om våren skyldes i hovedsak tidligere snøsmelting. Redusert avrenning sommer

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 20 % for alle store nedbørfelt i Aust- og Vest-Agder. For mindre nedbørfelt anbefales minst 20 % klimapåslag.

Flomfarekart i Agder

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for strekninger i flere vassdrag i Aust- og Vest-Agder. Anbefalt klimapåslag i parentes.

Aust-Agder:

- Arendalsvassdraget: Flomsonekart Rygene (20 %) (Under utarbeidelse)
- Tovdalsvassdraget: Flomsonekart Flaksvatn (20 %)

Vest-Agder:

- Otra: Flomsonekart Mosby (20 %)

- Mandalselva: Flomsonekart Mandal, Flomsonekart Øyslebø (20 %)
- Søgneelva: Flomsonekart Søgne (20 %)
- Lundeelva: Flomsonekart Lunde (20 %) (Under utarbeidelse)
- Audna: Flomsonekart Konsmo, Flomsonekart Vigeland (20 %)
- Kvina: Flomsonekart Liknes (20 %)

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Med økende temperatur forventes fordampningen å øke. Ettersom sommernedbøren i Agderfylkene beregnes å være uendret eller litt lavere enn i dagens klima, er det økt sannsynlighet for lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for skogbrann mot slutten av århundret og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning.

2.3 Isgang

Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisganger. På grunn av omfattende reguleringer av vassdragene i Agder er det i dag sjeldnere skader på grunn av isganger. Likevel går det, ved mildvær og store nedbørhendelser som regn, vinterisganger i en sone litt inn fra kysten. Denne sonen vil gradvis flyttes lenger inn i landet og til større høyder over havet. Utover i dette århundret ventes vinterisganger å skje hyppigere og høyere opp i vassdrag enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidligere har vært vanlig. Elver nær kysten blir nesten isfrie.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyl/ flom og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging, er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8/2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og i NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart finnes for delområder i Sirdal kommune i Vest-Agder og i Bykle, Bygland og Valle kommuner i Aust-Agder. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For skred i bratt terreng finnes det for enkelte kommuner også lokale faresonekart

KLIMAPROFIL AGDER

som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidligere Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

3.1 Kvikkleireskred

I Agder ligger marin grense relativt lavt slik at det ikke er så store arealer hvor det kan finnes kvikkleire, men mange av de tettbebygde områdene ligger lavt over havnivå og kan derfor ligge utsatt for kvikkleireskred. De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men påvirkes også av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. I Agderfylkene utarbeider NVE faresonekart for kvikkleireskred for Kristiansand, Søgne, Songdalen, Grimstad og Arendal kommuner. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred påvirkes av frost- og rotsprengning, og utløses ofte av økt vanntrykk i sprekkssystemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekkssystemer og andre geologiske forhold. Det er foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen fører til økt hyppighet av eller størrelse på store fjellskred. I Agder har NGU kartlagt skredfarlige områder langs Fedafjorden i Kvinesdal. Faren for fjellskred i Agder er generelt svært liten.

3.4 Snøskred [løssnøskred, flakskred]

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare. Det er likevel ikke grunn til å tro at det vil bli økt hyppighet eller størrelse

på de store, sjeldne snøskredene som omfattes av de nasjonale aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord- flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land, enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder hvor en i dag ikke har registrert skader. Det er ikke ventet vesentlig endring i bølgeforholdene, men som for vind (kap.1.3) er usikkerheten stor. I veilederen «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for alle kystkommuner i Aust- og Vest-Agder. I beregningene er det tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke 66-73 cm for Aust-Agder (avhengig av kommune) og 77-80 cm for Vest-Agder (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstuvning. I veilederen er det gitt eksempler på hvordan tallene skal brukes i planlegging.

5. Overvann

Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør, anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med

varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

[1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpning i planlegging etter plan- og bygningsloven

[2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no.

[3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpassing i Norge - regjeringen.no

[4] Byggteknisk forskrift (TEK 10)

[5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016

[6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014).

[7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015

[8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal

[9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014

[10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014

[11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innenoversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011

[12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019

[13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo - samfunnssikkerhet i kommunal planlegging

[14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Buskerud

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

April 2017
Oppdatert juli 2017



Hønefossen (Begnavassdraget) under 20-årsflommen i juli 2007. Wai Kwok Wong, NVE

KLIMAPROFIL BUSKERUD

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Buskerud. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel for beslutningstakere og planleggere i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenarioet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.

På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil i Buskerud særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.



ØKT SANNSYNLIGHET

	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
Kraftig nedbør	
	Det forventes flere og større regnflommer
Regnflom	
	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
Jord-, flom- og sørpeskred	
	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke
Stormflo	





UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET

	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
Snøsmelteflom	

USIKKERT

	Trolig liten endring
Sterk vind	
	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsakelig for mindre steinspranghendelser
Steinsprang og steinskred	
	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred
Fjellskred	

MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

	Det forventes små endringer i sommernedbør, og høyere temperaturer og økt fordampning kan derfor gi økt fare for tørke
Tørke	
	Kortere isleggingssesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene
Isgang	
	Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på snødekket underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
Snøskred	
	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred
Kvikkleireskred	

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Buskerud fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

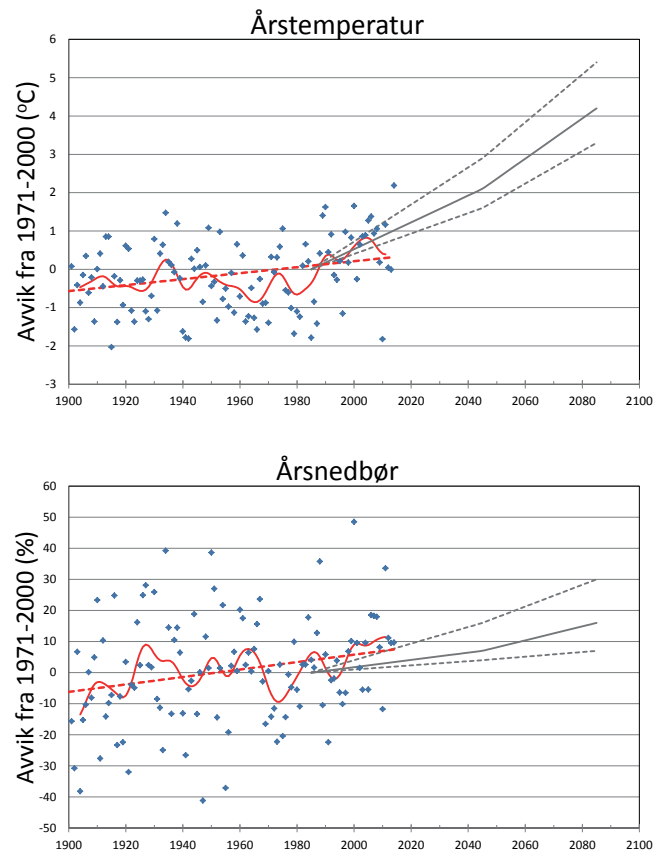
1. Klimaet og klimaendringer i Buskerud

I Buskerud er det store kontraster i klima fra områdene nær Oslofjorden og til indre og høyereliggende strøk. I lavtliggende områder nær Oslofjorden er årsmiddeltemperaturen ca. 6 °C, mens den i nordvestlige høyfjellsområder er lavere enn -4 °C. Indre dalstrøk har lave vintertemperaturer; ved Nesbyen er det målt -38 °C. Sommerstid kan det bli over 30 °C både ved kysten og i indre dalstrøk. Således er den høyeste temperaturen i Norge på 35,6 °C målt på Nesbyen 20. juni 1970. Årsnedbøren er lavere enn 700 mm både på Ringerike og i enkelte indre dalstrøk, mens den i fjellstrøkene i nordvest er på over 1500 mm. Det forventes ikke at det storstilte temperatur- og nedbørmønsteret vil endre seg vesentlig. Det beregnes at årstemperaturen i Buskerud fra 1971-2000 til 2071-2100 vil øke med ca. 4 °C; med størst økning om vinteren og minst om sommeren. Årsnedbøren er beregnet å øke med ca. 15%. Dager med mye nedbør kommer litt hyppigere, og med økt nedbørintensitet. For vind viser beregningene små endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Buskerud er beregnet å øke med ca. 4,0 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinteren, ca. 4,5 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 3,5 °C. Vekstsesongen vil øke med 1–2 måneder, og mest nær Oslofjorden. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Buskerud. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye klimagassutslipp.

verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Buskerud er dette gjennomsnittsverdiene for temperatur/nedbør for perioden 1971-2000:

- Hønefoss 5,1 °C / 670 mm
- Nesbyen 3,2 °C / 490 mm
- Geilo 1,4 °C / 715 mm
- Mjøndalen 5,5 °C / 860 mm
- Drammen 5,9 °C / 830 mm
- Kongsberg 4,9 °C / 820 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Buskerud er beregnet å øke med ca. 15%. Nedbørendringen for de fire årstidene er beregnet til:

KLIMAPROFIL BUSKERUD

- Vinter: +30 %
- Vår: +25 %
- Sommer: +5 %
- Høst: +10 %

Nedbørøkningen i millimeter blir større i de nedbørrike områdene i nordvest enn i de tørreste dalstrøkene.

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet; noe som vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørmengden for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med 20 %. For kortvarige nedbørepisoder er det indikasjoner på at økningen i intensitet kan være større enn for verdiene i løpet av ett døgn. Inntil videre anbefales et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø i lavereliggende områder, men det vil fortsatt være enkelte år med betydelig snøfall selv i lavlandsområder. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

Høyereliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur vil føre til mindre snømengder også i disse områdene; bortsett fra enkelte høyfjellsområder.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens mer nedbør som regn vil føre til at regnflommene blir større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og i små, bratte vassdrag

som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. I små elver og bekker som reagerer raskt på regn anbefales et klimapåslag på minst 20 %. Det skal tas hensyn til flomfare i et endret klima ifølge TEK10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

I Buskerud kan det bli relativt store flomskader både på bebyggelse og jordbruksområder. Dessuten skaper flom ofte problemer for fremkommelighet på vegnettet.

De største vassdragene i Buskerud er Drammensvassdraget og Numedalslågen. Begge vassdragene er sterkt regulert. Drammensvassdraget består av Hallingdalsvassdraget, Randsfjordvassdraget og Begna; de to siste vassdragene renner fra Oppland inn i henholdsvis Randselva og Sperillen og møtes i Storelva. Numedalslågen er et langt og smalt vassdrag med utløp i Larvikfjorden. De store vassdragene i Buskerud har et vårfloregime, dvs. at største flom vanligvis inntreffer i mai eller juni. Store vårflokker har forekommet i nyere tid; i juli 2007 og i mai 2013 førte regn og snøsmelting bl.a. til skader på eiendommer og flere stengte veier. I september 2015 var det store nedbørmengder over tid som førte til flom i flere vassdrag i Buskerud. Intens, kortvarig nedbør kan også forårsake flom. I august 2012 rammet ekstremværet «Frida» en begrenset del av Buskerud og Vestfold. Størst vannføring ble registrert i Hof og Øvre Eiker. Flommen førte til store skader i Buskerud og Vestfold og spesielt i Nedre Eiker.

Observerte endringer

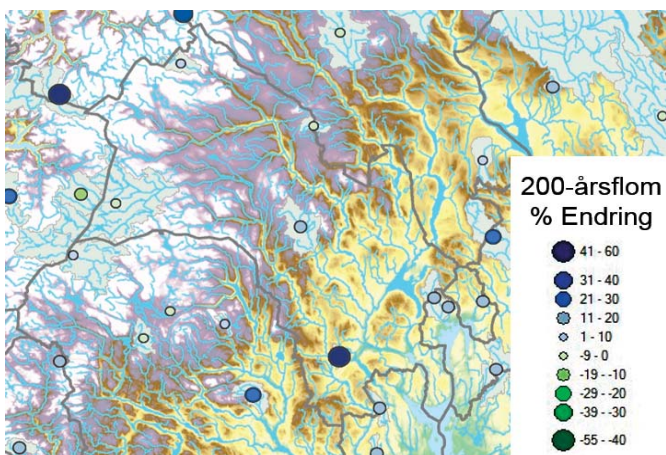
Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at årsvannføringen i Buskerud i perioden 1985-2014 var noe større enn i perioden 1971-2000. Vannføringen har økt i alle sesonger.

Fremtidige endringer

I Buskerud forventes gjennomsnittlig årlig vannføring å øke noe, fordi nedbøren øker. Økt temperatur vil påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting

KLIMAPROFIL BUSKERUD

og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Om vinteren forventes økt vannføring fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i stedet for snø. Om våren forventes økt vannføring i fjellet, men redusert vannføring i lavlandet fordi snøen i fjellet smelter tidligere og snøsmeltingen til dels er ferdig i lavlandet. Om sommeren forventes redusert vannføring fordi snøsmeltingen er ferdig i fjellet, nedbøren endres lite og det fordampes mer. Om høsten forventes ikke store endringer fordi forventet nedbørøkning er moderat og fordampningen vil øke, særlig i lavlandet.



Figur 2. Forventet prosentvis endring i medianverdien for 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 (fra [5]).

Beregningene viser at også de ekstreme vannføringene vil endre seg (figur 2). Klimaendringer i form av høyere temperatur, mer nedbør, mer intense nedbørepisoder, og mer nedbør som regn i stedet for snø forventes å endre flomregimet i Buskerud frem mot 2100:

- Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret. Det gjelder for eksempel Drammensvassdraget og øvre deler av Numedalslågen.
- I elver hvor årets største flom i dag er en regnflom forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen (se anbefaling nedenfor).

- Flere store skadeflommer i nedre del av Numedalslågen har vært rene regnflommer og etter hvert vil regnflommer dominere helt. Det anbefales derfor et klimapåslag på 20 % på flomvannføringen i Numedalslågen fra og med Kongsberg til utløpet i Larviksfjorden.
- I mindre, bratte vassdrag (elver og bekker) som reagerer raskt på nedbør, og i tettbygde strøk med tette flater vil mer intens nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man forvente *minst* 20 % økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier.

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 0 % for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer, med unntak av Numedalslågen fra og med Kongsberg til utløpet i Larviksfjorden, der klimapåslaget er 20 %. For mindre nedbørfelt anbefales *minst* 20 % klimapåslag.

Flomfarekart i Buskerud

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Drammensvassdraget, Numedalslågen og Lierelva. De er tilgjengelig digitalt på NVEs kartkatalog. Delprosjekt Drammenselva som dekker nedre del av Drammenselva fra Hellefoss til elvas utløp i Drammensfjorden, er nylig oppdatert og viser også forventede endringer som følge av et endret klima. For Buskerud er det laget flomfarekart for følgende strekninger; - anbefalt klimapåslag i parentes:

- Drammensvassdraget:
 - Flomsonekart Drammenselva (0 %)
 - Flomsonekart Gol (0 %)
 - Flomsonekart Hemsedal (0%)
 - Flomsonekart Tuv (0%)
 - Flomsonekart Hønefoss (0%)
 - Flomsonekart Nesbyen (0 % for Hallingdalsvassdraget og 20 % for sideelv Rukke-døla)
- Numedalslågen: Flomsonekart Kongsberg (20 %)
- Lierelva: Flomsonekart Lier (20 %)

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6]

KLIMAPROFIL BUSKERUD

for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50–100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-2011 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Sommernedbøren i Buskerud forventes ikke å øke i særlig grad, men økt temperatur vil føre til at snøsmeltingen vil foregå tidligere, og til at fordampningen vil øke. Om sommeren øker dette sannsynligheten for noe lengre perioder med liten vannføring i elvene, lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Samtidig medfører det noe økt sannsynlighet for tørke og skogbrannfare mot slutten av århundret. Det vil også kunne bli et økt behov for jordbruksvanning og gi utfordringer for settefiskanlegg.

2.3 Isgang

Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisganger. Vinterisganger med skader er ikke uvanlig i regionen, for eksempel i Jondalselva og Bingselva. Ved mildvær og store nedbørhendelser som regn går det i dag vinterisganger i en sone litt inn fra kysten. Denne sonen vil gradvis flyttes lenger inn i landet og til større høyder over havet. Utover i dette århundret ventes vinterisganger å skje hyppigere og høyere opp i vassdrag enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidligere har vært vanlig.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyl/flo m og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved

utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging, er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8] og TEK 10s § 7.3 [4]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er derfor best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart er ikke utarbeidet av NVE for områder i Buskerud. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For enkelte kommuner i Buskerud finnes lokale faresonekart for skred i bratt terreng som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Noen av disse er nå lagt inn i kartløsningen <http://gis3.nve.no/link/?link=Skredfaresone>. For områder i Noresund i Krødsherad, og Hvaale i Nore og Uvdal er det utarbeidet skredfarekart. NVEs oversikt er ikke komplett og skredfarekart utarbeidet for andre områder kan finnes. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidligere Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

3.1 Kvikkleireskred

I Buskerud er det mange områder med marine avsetninger med mulig fare for kvikkleireskred. De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men påvirkes også av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Det er utarbeidet faresonekart for kvikkleire for Hurum, Kongsberg, Lier, Modum, Nedre Eiker, Drammen, Ringerike og Øvre Eiker. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen. Kvikkleireskred i bebygde områder kan medføre store økonomiske konsekvenser, samt fare for liv og helse.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred påvirkes av frost- og rotsprengning, og utløses ofte av økt vanntrykk i sprekk-systemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekk-systemer og andre geologiske forhold. Selv om oppvarming og tining av permafrost kan være en medvirkende faktor for utløsning av enkelte store fjellskred er det foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen vil føre til økt hyppighet av eller størrelse på store fjellskred.

3.4 Snøskred (løssnøskred, flakskred)

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare, men ikke på de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord-, flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Unntaket er sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng. Disse vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor aktsomhetsområdene.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land, enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder hvor en i dag ikke har registrert skader.

I veilederen «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for fire kystkommuner i Buskerud. I beregningene er det tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke et klimapåslag for havnivåstigning på 51 cm i Hurum og 52 cm i Drammen, Lier og Røyken. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstuvning. I rapporten er det gitt eksempler på hvordan tallene skal brukes i planlegging.

5. Overvann

De største skadene på bebyggelse og infrastruktur i Buskerud oppstår gjerne i forbindelse med kraftig kortvarig nedbør som gir store mengder overvann og urbanflommer. Tette flater som asfalterte veier og parkeringsplasser gir raskere avrenning enn naturlige flater, og fører til økt flomfare i bekker og vassdrag dersom vannet ledes for raskt ut i vassdragene. Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig

KLIMAPROFIL BUSKERUD

både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene).

- [1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpassing i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - <https://klimaservicesenter.no>
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpassing i Norge - <https://www.regjeringen.no>
- [4] Byggteknisk forskrift (TEK 10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal
- [9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014) Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo - samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Finnmark

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Oktober 2016
Oppdatert juli 2017



Isganger i Repparfjordelven i Kvalsund førte til ødeleggelser på hyttefelt i mai 2009. Foto: Anders Bjordal

KLIMAPROFIL FINNMARK

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Finnmark. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer med høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenarioet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.


På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene i Finnmark vil særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.




ØKT SANNSYNLIGHET

 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i små, bratte vassdrag som reagerer raskt på nedbør må man forvente en økning flomvannføringen
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke

MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

 Tørke	Til tross for mer nedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi noe økt fare for tørke om sommeren
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på snødekket underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
 Isgang	Kortere isleggingssesong, noe mindre is i vårisgangene, vinterisganger i kystvassdrag
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred

USIKKERT

 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsaklig for mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET

 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
--	---

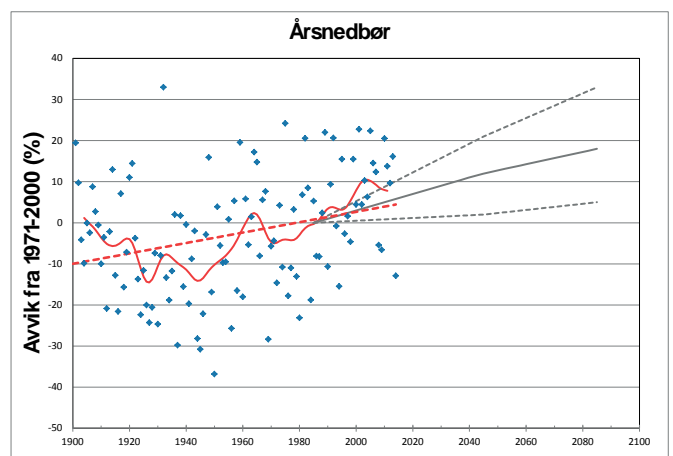
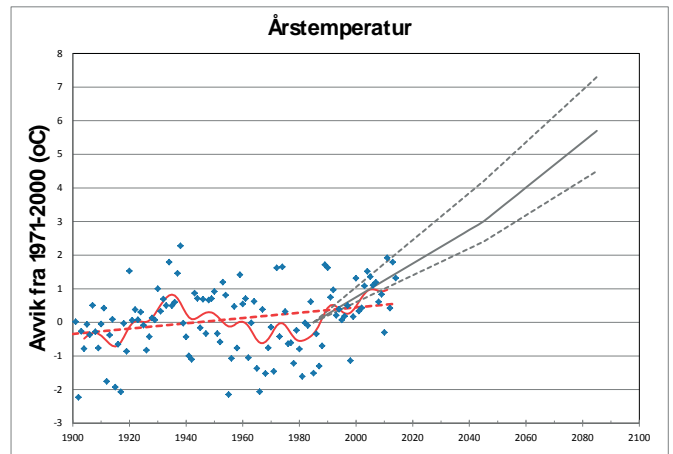
Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Finnmark fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

1. Klimaet og klimaendringer i Finnmark

Det er store forskjeller i klima mellom ulike deler av Finnmark. Kystområdene har forholdsvis milde vintre, men kjølige somre. På Finnmarksvidda er det typisk innlandsklima; med høye temperaturer om sommeren og lave temperaturer vinterstid. Både laveste (-51 °C), og høyeste (+34 °C) temperatur målt på Finnmarksvidda er blant de laveste og høyeste i hele landet. Årsnedbøren varierer fra ca. 1000 mm enkelte steder i vestlige områder, til under 400 mm enkelte steder i indre fjordstrøk og på Finnmarksvidda. Ved kysten blåser det ofte vind av kuling styrke eller sterkere. Vinterstid kan polare lavtrykk gi rask vindøkning og kraftig snønedbør i ytre strøk. Frem mot år 2100 beregnes det at årstemperaturen for fylket som helhet øker med 5-6 °C sammenliknet med perioden 1971-2000. Temperaturen beregnes å øke mest om vinteren, og minst om sommeren. Nedbøren beregnes å øke med ca. 20 %, mest om sommeren. Dager med mye nedbør kommer hyppigere, og med økt nedbørintensitet. For vind viser beregningene små endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur for fylket som helhet er beregnet å øke med ca. 5,5 °C; med størst økning (ca. 6 °C) på Finnmarksvidda, Nordkinnhalvøya, Varangerhalvøya og østlige deler av fylket, og minst økning (ca. 5 °C) i kyst- og fjord-strøkene vest for Laksefjorden. Den største temperaturøkningen beregnes for vinteren, med ca. 6,5 °C for fylket som helhet og over 7 °C på Finnmarksvidda. Minst økning (ca. 5 °C) for fylket som helhet beregnes for sommeren. Vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder, og mest i ytre kyststrøk. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Finnmark. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye klimagassutslipp.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Finnmark er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur og nedbør for perioden 1971-2000:

- Alta 1,6 °C / 390 mm
- Hammerfest 2,2 °C / 840 mm
- Honningsvåg 2,2 °C / 780 mm
- Vadsø 0,3 °C / 465 mm
- Kirkenes -0,3 °C / 450 mm
- Karasjok -2,0 °C / 365 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Finnmark er beregnet å øke med i underkant av 20 % frem til slutten av århundret. Sesongmessig fordeler dette seg slik:

- Vinter: ca. 5 %
- Vår: 15 % for fylket som helhet; men med verdier på under 10 % i vestlige deler og på over 25 % for Finnmarksvidda.
- Sommer: ca. 25 %
- Høst: ca. 20 %

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørmengden for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 25 %. Størst økning i intensitet (ca. 35 %) er forventet om våren. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døgnnedbør. Inntil videre foreslås det et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med kortere varighet enn 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø, breer og permafrost

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø, særlig nær kysten, med opptil 3-4 måneder kortere snøsesong. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

Det er observert stor brereduksjon i fem platåbreer i Finnmark (1966-2006) og permafrosten er mange steder i ferd med å tine. Kontinental permafrost i indre deler av Finnmark eksisterer i dag på palsmyrer og på vindblåste topper. Maritim permafrost eksisterer på høye topper med lite snø i kystregionen. Lavtliggende arktisk permafrost eksisterer på vidder med blokkhav på Varangerhalvøya. Den laveste grensen for permafrost i Finnmark er nå ca. 660 m o.h. Oversikt over områder med permafrost finnes i en nordisk database, NORPERM. Både breer og

områder med permafrost vil bli betydelig redusert utover i dette århundret.

2. Effekter på hydrologi

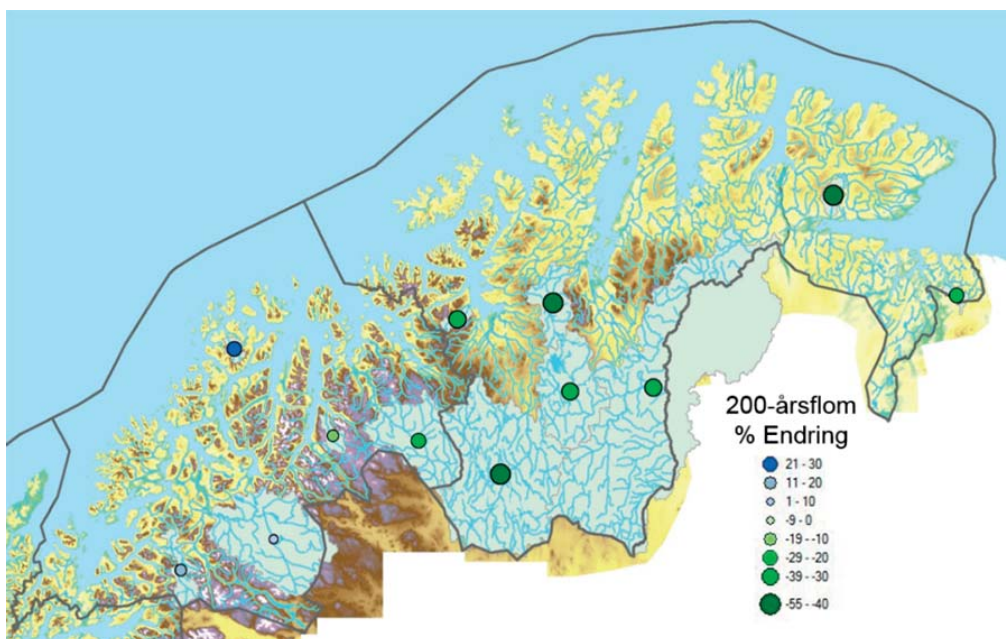
Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer. Til tross for at økt nedbør vil føre til at regnflommene blir større, forventes flomstørrelsene å minke i de fleste vassdragene i Finnmark. I små vassdrag kan flomstørrelsene øke, særlig i kystnære vassdrag i lavlandet, og man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. Det er ikke behov for klimapåslag på flomvannføring for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer. I små elver som reagerer raskt på regn anbefales et klimapåslag på minst 20 %. Flomfare i et endret klima skal tas hensyn til ifølge Byggteknisk forskrift (TEK10) [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

Finnmark har tre av de ti største vassdragene som renner ut fra Norge: Pasvikelva, Tanaelva og Altaelva. Disse vassdragene har lav vannføring om vinteren, når vannet lagres som snø, og den høyeste vannføringen opptrer sent på våren og tidlig på sommeren, når snøen smelter. Lav høydeforskjell fører til at smeltingen ofte er konsentrert til en kort periode. Dersom det også kommer regn under snøsmeltingen vil flommene bli spesielt store, men rask snøsmelting alene kan også gi store flommer. I mindre vassdrag, særlig i de vestlige kystområdene, er årets største flom ofte en regnflom om høsten.

Ved NVEs målestasjoner for vannføring i Alta, Tana og Neiden er det registrert flere store flomhendelser fra begynnelsen av 1900-tallet og frem til i dag. Den største flommen i disse elvene siden registreringene startet, var en flom i mai 1920. Flommene i 1996 og 2000 er også av de største som er registrert. Tettstedene langs de større vassdragene, bl.a. Tana, Karasjok, Kautokeino, Masi og Alta er utsatt for flom i smelteperioden. Flomproblematikken her er kjent og kartlagt. Skadene skyldes ofte oversvømmelse og erosjon. Flom kan i enkelte tilfeller skape problemer for fremkommelighet på veinettet, for eksempel langs Tana-vassdraget.



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at årsvannføringen i Finnmark i perioden 1985-2014 er omtrent uendret fra perioden 1971-2000. Vannføringen har økt litt i alle årstider bortsett fra om sommeren, da vannføringen har minket noe.

Fremtidige endringer

Selv om nedbøren øker i alle sesonger, fører høyere temperatur og dermed økt fordampning til en forholdsvis liten økning i gjennomsnittlig årlig vannføring i Finnmark mot slutten av århundret. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Om vinteren forventes økt vannføring fordi nedbøren øker noe og mer vil komme som regn i stedet for snø. Om våren forventes økt vannføring fordi snøsmeltingen vil foregå tidligere enn i dag. Nedbøren om sommeren er beregnet å øke, men det forventes likevel redusert vannføring fordi det fordamper mer og fordi snøsmeltingen er ferdig. Om høsten forventes økt vannføring fordi nedbøren øker og mer nedbør faller som regn i stedet for snø.

Beregninger viser at også de ekstreme vannføringene vil endre seg; se figur 2 som viser endring i 200-års flom. Generelt forventes en reduksjon i

flomstørrelsen i områder der flommen domineres av snøsmelting, som i store nedbørfelt i Finnmark. Mindre nedbørfelt kan likevel få en økning i flomvannføringen som følge av hyppigere episoder med intens nedbør.

For Finnmark forventes klimaendringene i form av høyere temperatur, tidligere snøsmelting og mindre snøakkumulasjon å føre til følgende endringer i flomregimet:

- Det forventes en reduksjon i flomstørrelsen i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom.
- I mindre, bratte vassdrag som reagerer raskt på nedbør, og i tettbygde strøk med tette flater vil mer intens nedbør kunne skape særlige problemer. I mindre bekker og elver kan man forvente en økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier. Her anbefales et klimapåslag på minst 20 %.

Det er ikke behov for klimapåslag på flomvannføring for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer. I små elver som reagerer raskt på regn anbefales et klimapåslag på minst 20 %.

Flomfarekart i Finnmark

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for Alta-, Neiden- og Tanavassdraget.

- Altavassdraget: flomsonekart Alta, Masi, Kautokeino
- Neidenvassdraget: flomsonekart Skoltefossen
- Tanavassdraget: flomsonekart Karasjok, Bonakas, Seida, Polmak

Disse vassdragene ligger i snøsmeltesdominerte områder. Det er derfor ikke behov for et klimapåslag for disse flomfarekartene.

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i NVEs retningslinje 2-2011 [6] beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Selv om sommernedbøren i Finnmark forventes å øke, vil også fordampningen øke og dermed er det mulig at man kan få noe lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren. Dette medfører noe økt sannsynlighet for tørke og skogbrannfare mot slutten av århundret og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning.

2.3 Isgang

I Tanavassdraget og Repparfjordelva går det ofte store vårisganger med skade. Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisganger. Vinterisganger er ennå forholdsvis uvanlige i Finnmark på grunn av det stabile vinterværet. Utover i dette århundret ventes vinterisganger å skje oftere i kystvassdragene. I innlandet vil fortsatt vårisganger være det vanlige.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/ flom og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8/2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-kartatlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser kun potensiell fare, og er derfor best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå.

For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart finnes for delområder i Alta, Gamvik, Hammerfest og Loppa kommuner. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For skred i bratt terreng finnes

det for enkelte kommuner også lokale faresonekart som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Statens Vegvesen kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av veinettet.

3.1 Kvikkleireskred

I Finnmark finnes det områder med marine avsetninger med mulig fare for kvikkleireskred, for eksempel i deler av Sør-Varanger samt i fjordbotner i Nesseby, Porsanger og Alta. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Faresonekart for kvikkleire er utarbeidet for Alta. De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men påvirkes også av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred påvirkes av frost- og rotsprengning, og utløses ofte av økt vanntrykk i sprekkssystemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekkssystemer og andre geologiske forhold. Selv om oppvarming og tining av permafrosten kan være en medvirkende faktor for utløsning av enkelte store fjellskred, er det foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen fører til økt hyppighet av eller størrelse på store fjellskred. Nasjonal kartlegging av store fjellskred er foreløpig ikke utført for Finnmark.

3.4 Snøskred (løssnøskred, flakskred)

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort

sikt føre til økt skredfare. Det er likevel ikke grunn til å tro at det vil bli økt hyppighet eller størrelse på de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord-, flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder hvor en i dag ikke har registrert skader. I rapporten «Havnivåstigning og stormflo» [13]] er det gitt tall for ulike returnivær for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for alle kystkommuner i Finnmark. I beregningene er det tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke fra 60-78 cm (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstiving. I rapporten er det gitt eksempler på hvordan tallene skal brukes i planlegging.

5. Overvann

Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann

ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpassing i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - <https://klimaservicesenter.no>
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpassing i Norge – <https://www.regjeringen.no>
- [4] Byggteknisk forskrift (TEK 10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016.
- [6] NVE (2015). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Veileder 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomt og ubebygde areal
- [9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVEs veileder 8/2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVEs veileder 7/2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innenoversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Hedmark

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Mai 2017
Oppdatert juli 2017



Flom i Glomma, Strandfossen kraftverk, Elverum, 7. mai 2008, Foto: Arne T. Hamarsland, NVE

KLIMAPROFIL HEDMARK

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Hedmark. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.




I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenariet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.




På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil for Hedmark særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør (kap. 1.2) og økte problemer med overvann (kap. 4); endringer i flomforhold og flomstørrelser (kap. 2); og skred (kap. 3).

ØKT SANNSYNLIGHET

 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder


USIKKERT

 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

 Tørke	Til tross for mer nedbør, kan høyere temperatur og økt fordampning gi økt fare for tørke om sommeren
 Isgang	Kortere isleggingsesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil snøgrensen bli høyere, og regn vil oftere falle på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred. Dette gjelder små områder lengst sør og sørvest i Hedmark

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET

 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
--	---

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Hedmark fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

1. Klimaet og klimaendringer i Hedmark

Lavereliggende deler av Hedmark har relativt kalde vintre og varme somre. De laveste minimumstemperaturene kan komme ned i $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, mens det på varme sommerdager kan bli over 30 varmegrader i dalstrøkene. Temperaturinversjoner er vanlig om vinteren, med lavest temperatur i dalbunnen og stigende temperatur med økende høyde. I indre dalstrøk kan frostnetter forekomme selv om sommeren. Årsnedbøren er mellom 500-1000 mm i store deler av fylket, og med høyest verdier i fjellområdene lengst nord i fylket. Enkelte dalstrøk som ligger i le av høyfjell er blant landets mest nedbørfattige områder, med årsnedbør på under 400 mm for eksempel i Folldal.

Det beregnes at årstemperaturen for Hedmark øker med ca. $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, og at årsnedbøren øker med ca. 15 % frem mot slutten av århundret. Nedbørintensiteten vil øke på dager med kraftig nedbør, og dager med mye nedbør kommer hyppigere. Både temperatur og nedbør beregnes å øke mest om vinteren og våren, og minst om sommeren. Når det gjelder vind beregnes ingen store endringer, men usikkerheten er stor.

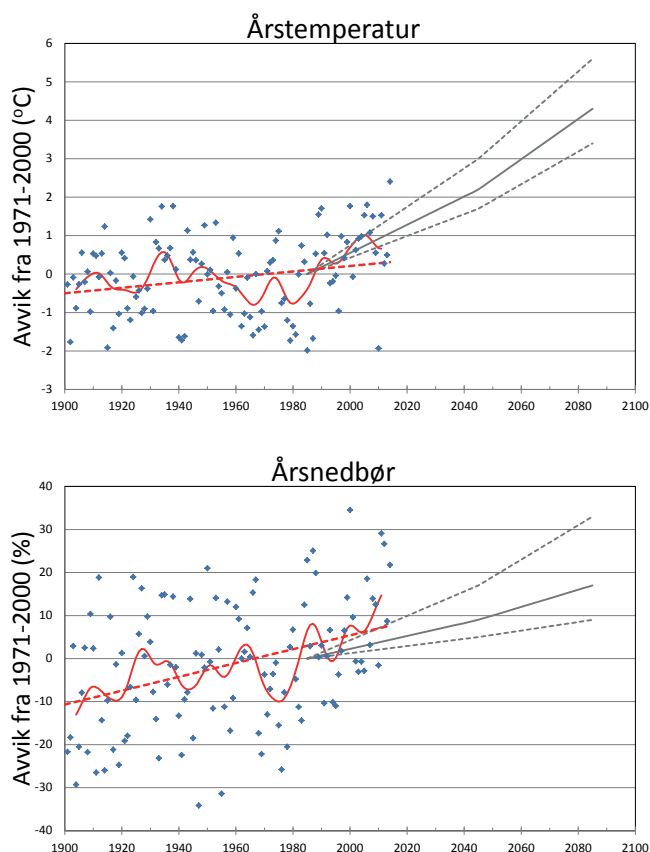
1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Hedmark er beregnet å øke med $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Økningen for de fire årstidene er beregnet til:

- Vinter: ca. $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Vår: ca. $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Sommer: ca. $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Høst: ca. $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Veksts sesongen vil øke med 1-2 måneder. Vinterstid vil dager med svært lave temperaturer bli sjeldnere.

Figur 1 viser avvik i årstemperaturen ($^{\circ}\text{C}$) og årsnedbøren (%) fra gjennomsnittsverdien for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Hedmark. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplert rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for endring av temperatur og nedbør frem mot slutten av århundret for høye klimagassutslipp.

årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Hedmark er disse gjennomsnittsverdiene (1971-2000) for temperatur og nedbør:

- Hamar $4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 575 mm
- Kongsvinger $4,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 665 mm
- Elverum $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 670 mm
- Trysil-Innbygda $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 795 mm
- Drevsjø $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 575 mm
- Tynset $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 400 mm

KLIMAPROFIL HEDMARK

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Hedmark er beregnet å øke med 15 %. Nedbørendringen for de fire årstidene er beregnet til:

- Vinter: +30 %
- Vår: +30 %
- Sommer: +10 %
- Høst: +15 %

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørmengden for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 20 %. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døgnnedbør. Inntil videre foreslås det et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med kortere varighet enn 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i framskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø, med opptil 1-4 måneder kortere snøsesong. Reduksjonen blir størst i lavereliggende strøk, og der dagens vintertemperatur ligger rundt 0°C. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

Høyereliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene; bortsett fra enkelte høyfjellsområder.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens mer nedbør som regn vil føre til at regnflommene blir større. Økt forekomst

av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og i små bratte vassdrag som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 0 % i hovedløpet til Glomma, Mjøsa og andre store elver. Minst 20 % klimapåslag anbefales for mindre elver. Det skal tas hensyn til flomfare i et endret klima ifølge TEK10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

I de fleste elvene i Hedmark er det vanlig at snøsmelteflommer om våren eller tidlig om sommeren er årets største flom. Dersom det også kommer regn under snøsmeltingen vil flommene bli spesielt store. Det finnes også flere eksempler på at rene regnflommer om sommeren eller tidlig på høsten kan bli store og forårsake skade, særlig i mindre sidevassdrag som da kan bryte ut av sitt normale løp. Ofte går det også jord- og flomskred i forbindelse med flomsituasjoner. Snøakkumulasjon om vinteren gir vanligvis lav vannføring i elvene om vinteren.

Flere av elvene i Hedmark renner inn i andre fylker, og også til Sverige, for eksempel Trysilelva. Glomma, som er Norges største og lengste vassdrag, renner gjennom Hedmark og har sitt utspring i høyfjellsområder. Omtrent halvparten av Glommavassdraget ligger i Hedmark. Både i hovedvassdraget og i sidevassdragene kan det bli store skadeflommer. Årets største flom i Glommavassdraget er typisk en snøsmelteflom om våren, ofte kombinert med mye nedbør, mens den nest største flommen som oftest er en regnflom om høsten. De største og mest kjente snøsmelteflommene i Glomma skjedde i 1789 (Storofsen) og i 1995 (Vesleofsen), og under begge disse hendelsene var det også kraftig nedbør i vassdraget. Et nyere eksempel er vårflommen i mai 2013, hvor kraftig regnvær kombinert med snøsmelting førte til flom i Glomma. Hendelsen førte til store skader på både jernbane- og veinettet, inkludert stopp i togtrafikken på Dovre-, Røros- og Kongsvingerbanen og i veitrafikken på E6.

KLIMAPROFIL HEDMARK

En del bebyggelse er anlagt på skredvifter og elvevifter rundt små og store elver. Hedmark har dessuten utfordringer med bebyggelse langs enkelte bratte, masseførende sidevassdrag. Skadene skyldes både oversvømmelser, erosjon og stor masseføring (stein og grus). I Hedmark er det flere byer og tettsteder i tillegg til mye spredt bebyggelse og jordbruk. Flomskadene kan derfor bli store både på bebyggelse, infrastruktur og jordbruksområder. Oversvømmelser skaper i tillegg problemer for fremkommelighet på vegnettet og mulig fare for forurensning av drikkevann.

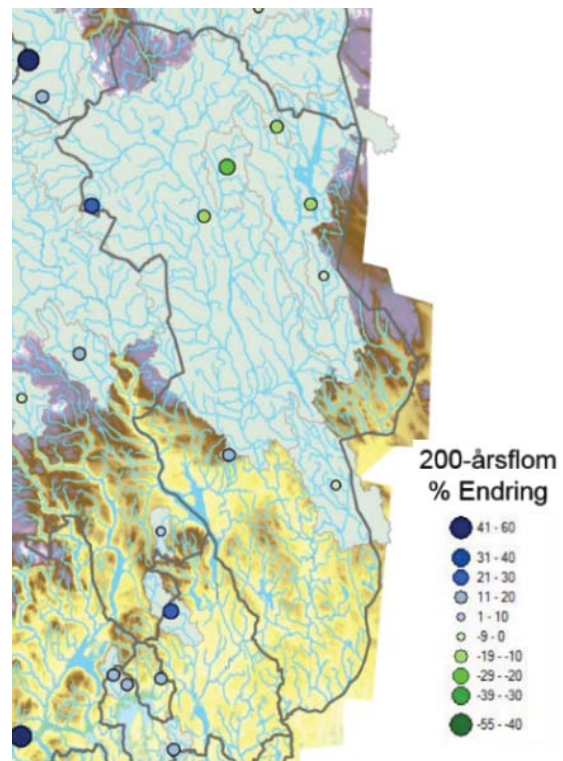
Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at årsvannføringen i Hedmark i perioden 1985-2014 var noe større enn perioden 1971-2000. Vannføringen har økt i alle sesonger, men den prosentvise økningen har vært størst om høsten og vinteren, og minst om sommeren.

Fremtidige endringer

I Hedmark forventes gjennomsnittlig årlig vannføring å øke noe, fordi nedbøren øker. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Om vinteren forventes stor økning i vannføring fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i stedet for snø. Om våren forventes økt vannføring i fjellet, men redusert vannføring i lavlandet fordi snøen i fjellet smelter tidligere og snøsmeltingen til dels er ferdig i lavlandet. Om sommeren forventes redusert vannføring fordi snøsmeltingen er ferdig i fjellet, og det fordampes mer. Også om høsten forventes mulig redusert vannføring i lavereliggende områder sør i fylket fordi økningen i fordampningen der kan bli større enn nedbørøkningen. Derimot kan vannføringen om høsten øke i høyereliggende strøk fordi økningen i fordampning vil være mindre enn i lavlandet.

Beregningene viser at også de ekstreme vannføringene vil endre seg (figur 2). Klimaendringer i form av mer intense nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn i stedet for snø forventes å endre flomregimet i Hedmark frem mot 2100:



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom for nedbørfelt i Hedmark fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

- Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene i alle elver vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret.
- Nedbøren forventes å øke og en stadig større andel vil komme som regn. I uregulerte, sidevassdrag og mindre vassdrag som i dag kan få store regnflommer, forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen.
- I mindre elver og bekker som reagerer raskt på kraftig regn, og i tettbygde strøk med tette flater vil mer intens lokal nedbør skape særlige problemer. Man må forvente minst 20 % økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver og bekker kan finne nye flomveier.

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 0 % i hovedløpet til Glomma, Mjøsa og andre store nedbørfelt. Minst 20 % klimapåslag anbefales for mindre nedbørfelt.

Flomfarekart i Hedmark

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Glommavassdraget, Trysilelva, Mjøsa, Rena og Mistravassdraget. De er tilgjengelig digitalt på NVEs kartkatalog. For disse strekningene er det ikke behov for klimapåslag frem mot 2100, dvs. 0 %:

- Glommavassdraget:
 - Flomsonekart Tynset og Alvdal
 - Flomsonekart Koppang
 - Flomsonekart Rena
 - Flomsonekart Elverum
 - Flomsonekart Flisa
 - Flomsonekart Kirkenær
 - Flomsonekart Kongsvinger
 - Flomsonekart Skarnes
- Rena og Mistravassdraget ved samløp: Flomsonekart Åkrestrømmen
- Trysilelva: Flomsonekart Innbygda Nybergsund
- Mjøsa: Flomsonekart Mjøsa ved Hamar

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50–100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Selv om sommernedbøren i Hedmark forventes å øke noe, vil snøsmeltingen foregå tidligere, og fordampningen øke både om våren og sommeren. Dermed er det sannsynlig at man kan få noe lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, og lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for skogbrann mot slutten av århundret, og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning.

2.3 Isgang

Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisganger. Vinterisganger med skader er ikke uvanlig i regionen, for eksempel i Trysilelva og Flisa. Ved mildvær og store nedbørhendelser som regn går det i dag vinterisganger i lavlandet. Utover i dette århundret ventes vinterisganger å skje hyppigere og høyere opp i vassdrag enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidligere har vært vanlig.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/flom og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8/2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

KLIMAPROFIL HEDMARK

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart er ikke utarbeidet av NVE for områder i Hedmark. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11] danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For enkelte kommuner i Hedmark finnes det også lokale faresonekart for skred i bratt terreng som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

3.1 Kvikkleireskred

De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men kan også påvirkes av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. Det er kun små områder lengst sør og sørvest i Hedmark, mot Akershus fylke, hvor det kan være kvikkleire.

For kvikkleireskredfare utgjør marin grense en øvre grense for hvor det kan inntreffe kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred påvirkes av frost- og rotsprengning, og utløses ofte av økt vanntrykk i sprekk-systemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekk-systemer og andre geologiske forhold. Selv om oppvarming og tining av permafrosten kan være en medvirkende faktor for utløsning av enkelte store fjellskred, er det foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen fører til økt hyppighet av eller

størrelse på store fjellskred.

3.4 Snøskred (løssnøskred, flakskred)

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare, men ikke på de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord- flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

4. Overvann

De største skadene på bebyggelse og infrastruktur i Hedmark oppstår ofte i forbindelse med kraftig kortvarig nedbør som gir store mengder overvann og urbanflommer. Slik intens nedbør av mer lokal karakter, forårsaker nesten årlig stengte veier og skader i fylket. Tette flater som asfalterte veier, parkeringsplasser og store takflater gir raskere avrenning enn naturlige flater, og fører til økt flomfare i bekker og vassdrag dersom vannet ledes for raskt ut i vassdragene. Et nylig eksempel på skadeflom og overvann som følge av kraftig nedbør var i mai 2016, hvor ni fylkesveier ble periodevis stengt.

Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [13].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

[1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven

[2] Hanssen-Bauer, I. m. fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no

[3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - regjeringen.no

[4] Byggteknisk forskrift (TEK10)

[5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016

[6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)

[7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015

[8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygd areal

[9] Schanche, S. (Red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014

[10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (Red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014

[11] Øydvin, E.K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011

[12] Fischer, L. m. fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019

[13] Lindholm, O. m. fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Hordaland

Eit kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing

August 2016
Oppdatert juli 2017



Flumen i oktober 2014, Opo elva i Odda kommune. Foto: Jomar Bergheim, NVE

KLIMAPROFIL HORDALAND

Klimaprofilen gjev eit kortfatta samandrag av klimaet, venta klimaendringar og klimautfordringar i Hordaland. Han er meint som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel for avgjerdsstakarar og planleggjarar i overordna planlegging, og som eit vedlegg til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gjev oversikt over klimarelaterte problem og kvar ein kan få meir detaljert informasjon om desse. Mykje av innhaldet i klimaprofilen er henta frå «Klima i Norge 2100» [2], og har fokus på endringar fram mot slutten av hundreåret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. Dei menneskeskapte klimaendringane vil halde fram også etter 2100 dersom ikkje utsleppa vert vesentleg redusert.





For å vere «føre var», seier Stortingsmeldinga om Klimatilpassing [3] at ein skal leggje til grunn høge alternativ frå nasjonale klimaframskrivingar når ein skal vurdere konsekvensar av klimaendringar. Klimaprofilen skildrar difor venta klimaendringar med høge klimagassutslepp. Dette er i tråd med at dei globale klimagassutsleppa held fram med å auke som i dei siste tiåra. «Klima i Norge 2100» inkluderer også klimaframskrivingar basert på såkalla middels og låge utslepp. For same klimagassutslepp vil ulike klimamodellar gje ulike resultat. Klimaprofilen viser midlare verdi av ulike modellar. Uvisse og spreing i resultat er utgreidd nærare i «Klima i Norge 2100» [2].

På klimaservicesenter.no er det gjeve utførlege data for midlare verdiar og spreing for alle årstider, og for ulike klimagassutslepp fram til perioden 2031-2060 så vel som for 2071-2100.




På klimatilpassing.no finn du rettleiing, erfaring og kunnskap om klimatilpassing.

Klimaendringane vil i Hordaland særleg føre til behov for tilpassing med tanke på kraftig nedbør og auka problem med overvatn; havnivåstiging og stormflo; endringar i flaumforhold og flaumstorleikar; og skred.


SANNSYNLEG AUKE

 Kraftig nedbør	Det er venta vesentleg auke i episodar med kraftig nedbør både i intensitet og førekomst. Dette vil også føre til meir overvatn
 Regnflaum	Det er venta fleire og større regnflaumar
 Jord-, flaum- og sørpeskred	Auka fare som følgje av auka nedbørmengder
 Stormflo	Som følgje av havnivåstiging er det venta auke i stormflonivåa




MOGELEG SANNSYNLIGHET AUKE

 Tørke	Trass i meir nedbør, kan høgare temperaturar og auka fordamping auke faren for tørke om sommaren
 Isgang	Kortare isleggingssesong, hyppigare vinterisgangar samt isgangar høgare opp i vassdraga. Nesten isfrie elver nær kysten
 Snøskred	Med eit varmare og våtare klima vil snøgrensa bli høgare, og regn vil oftare falle på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred, og auke faren for våtsnøskred i skredutsette område

SANNSYNLEG UENDRA ELLER MINDRE

 Snøsmelteflaum	Snøsmelteflaumane vil kome stadig tidlegare på året og bli mindre mot slutten av hundreåret
---	---

USIKKER

 Sterk vind	Truleg lita endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigare episodar med kraftig nedbør vil kunne auke frekvensen av desse skredtypene, men hovudsakeleg for mindre steinspranghendingar
 Fjellskred	Det er ikkje venta at klimaendringane vil auke faren for fjellskred vesentleg

Tabell 1. Samandrag som viser venta endringar i Hordaland frå 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarar som kan ha verknad for samfunnstryggleiken.

1. Klimaet og klimaendringer i Hordaland

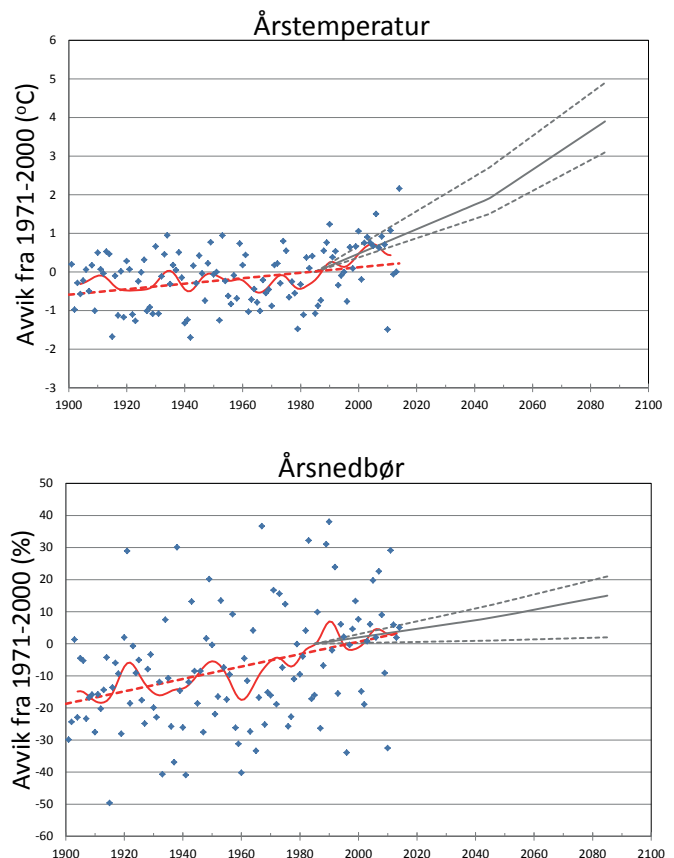
Det er store skilnader i klima mellom ulike deler av Hordaland. Nær kysten er klimaet mildt og nedbørrikt, medan det i indre fjord- og dalstrok er innlandsklima og liten årsnedbør. Vinterstid er middeltemperaturen kring 0 °C ved kysten, medan det er vesentleg lågare temperatur i høg fjellet og indre dalstrok. Årsnedbøren varierer i dagens klima frå kring 1200 mm ytst på kysten og i indre dalstrok og til over 3500 mm i dei mest nedbørrike områda nær kysten. Fram mot år 2100 er det venta at årstemperaturen i fylket aukar med ca. 4 °C og at årsnedbøren aukar med ca. 15 % samanlikna med perioden 1971-2000. Temperaturen aukar mest om hausten og vinteren, og minst om sommaren. Dagar med mykje nedbør vil førekome oftare, og nedbørintensiteten vil auke. For vind syner berekningane ingen store endringar, men uvissa er stor.

1.1 Temperatur

Middeltemperaturen for året er for Hordaland berekna å auke med 4,0 °C. Auken er størst for hausten og vinteren (kring 4,0 °C) og minst for sommaren (kring 3,5 °C). Veksts sesongen er venta å auke med 2-3 månader over store delar av fylket, og mest i ytre kyststrok. Vinterstid vil dagar med særst låge temperaturar verta sjeldnare, medan det om sommaren vil førekome fleire dagar med middeltemperatur over 20°C, og då særleg i dei midtre og indre fjord- og dalstrok. Endringane i temperatur vil i seg sjølve neppe få store konsekvensar for den kommunale planlegginga, men den kan gi effektar i kombinasjon med endringar i andre klimaelement, som til dømes nedbør.

Figur 1 syner avvik i temperatur (°C) og nedbør (%) frå middelverdi for perioden 1971-2000. For ein skilde stadar i fylket er dette middelverdiane for 1971-2000:

- Leirvik 7,5 °C / 1980 mm
- Odda 5,5°C / 1580 mm
- Bergen (Florida) 7,9 °C / 2340 mm
- Vossevangen 5,8°C / 1330 mm



Figur 1. Historiske og berekna framtidige avvik frå middelverdiar (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør for Hordaland. Blå prikkar viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014. Stipla raud strek er observert trend, medan raud strek viser glatta 10-årsvariasjonar. Grå strek og stipla grå strekar viser høvesvis midlare verdi, låg og høg modellberekning for høge klimagassutslepp.

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Hordaland er berekna å auke med kring 15 %. Nedbørendringa for dei fire årstidene er berekna til:

- Vinter: 15 %
- Vår: 10 %
- Sommar: 10 %
- Haust: 15 %

Nedbøraukinga i millimeter vert størst for dei nedbørrike områda nær kysten. Det er forventa at episodar med kraftig nedbør aukar vesentleg både i intensitet og frekvens; noko som vil stille større krav til handteringa av overvatn i utbygde strok i framtida. Nedbørmengda for døgn med kraftig

KLIMAPROFIL HORDALAND

nedbør er venta å auke med ca. 10 %. Intensiteten i kortvarige regnskyll er venta å auke meir enn for eit døgn. Inntil vidare tilrår ein eit klimapåslag på minst 40 % på regnskyll som varar under 3 timar.

1.3 Vind

Klimamodellane gjev lita eller inga endring i midlare vindforhold i dette hundreåret, men det er stor uvisse i framskrivningane for vind. Det viktige for kommunar er at kunnskap om lokale vindforhold vert teke med i planlegginga.

1.4 Snø

Det er venta vesentleg reduksjon i snømengdene og i talet på dagar med snø i lågareliggande område nær kysten der dagens vintertemperatur ligg kring 0 °C. I desse kystområda kan det bli lite eller ingen snø i mange år, sjølv om det einskilde år framleis vil vere vesentlege snøfall sjølv i låglandsområda. Det vil bli fleire smelteepisodar om vinteren som følgje av auka temperatur.

Høgareliggande fjellområde kan få aukande snømengder fram mot midten av hundreåret. Etter det ventar ein at auken i temperatur vil føre til mindre snømengder også i desse områda mot slutten av hundreåret. Unntak er einskilde høgfjellsområde.

2. Effekt på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gje gradvis mindre snøsmelteflaumar, medan regnflaumane er venta å bli større. Auka frekvens av lokal, intens nedbør gjev ei sannsynleg auke for flaum i tettbygde stork og små, bratte vassdrag. Ein må vere spesielt merksam på at mindre bekkar og elver kan finne nye flaumvegar. anbefalt klimapåslag på flaumvassføring er 20 % eller 40 % for alle nedbørfelt i Hordaland, avhengig av plassering og flaumsesong. Flaumfare i eit endra klima skal det takast omsyn til jf. TEK10 [4].

2.1 Flaum og vassføring

Dagens forhold

Hordaland er kjenneteikna av bratte elver med små nedbørfelt. Dei to største vassdraga er Vosso og

Eio (ca 1000-1500 km²). Vosso er hovudsakeleg uregulert, mens Eio er regulert. Regulering reduserer ofte vassføringa i flaumsituasjonar. På grunn av snøsmelting kan vårflaumar medføre stor vassføring i Vosso og Eio. Det er likevel haustflaumar som gjev størst vassføring og fare for flaumskade. Desse kjem oftast i oktober, november og desember. Dei skuldast oftast kraftig regn kombinert med snøsmelting. Meir enn 80 % av Eio vassdraget ligg over 1000 moh., slik at vårflaumen kjem i juni og juli. Dei små og bratte nedbørfelta, for eksempel Reinsnosvatn, har store flaumar frå mai til desember, med dei største flaumane om hausten. Svært sjeldan førekjem store flaumar om vinteren.

Hordaland er det tredje største fylket i folketal. 71 % av arealet er fjellområde som ligg høgare enn 300 meter over havet. Likevel kan flaumskadane bli store både på busetnad, infrastruktur og jordbruksområde. Av nyare dato er regnflaumen i oktober 2014, som råka Hardanger og Voss kraftig, med erosjon og utgravingar og etterfølgjande jord- og flaumskred, og store skadar på infrastruktur (veger, bruer), bustader og evakuering av innbyggjarar. I Odda blei blant anna fem bustadhus tekne av elva Opo. For Vossovassdraget er flaumen i 2014 den største målte flaumen sidan vassføringsmålingar starta ved Bulken i 1892. Flaumen var eit resultat av kraftig nedbør over ein tredagersperiode, med totalt 200-300 mm nedbør.

Observerte endringar

Basert på utvalde målestasjonar er det berekna at vassføringa i Hordaland i perioden 1985-2014 var litt større enn i perioden 1971-2000. Størst auke har det vore om våren, og størst reduksjon om hausten. Om vinteren og sommaren har vassføringa vore nær uendra.

Framtidige endringar

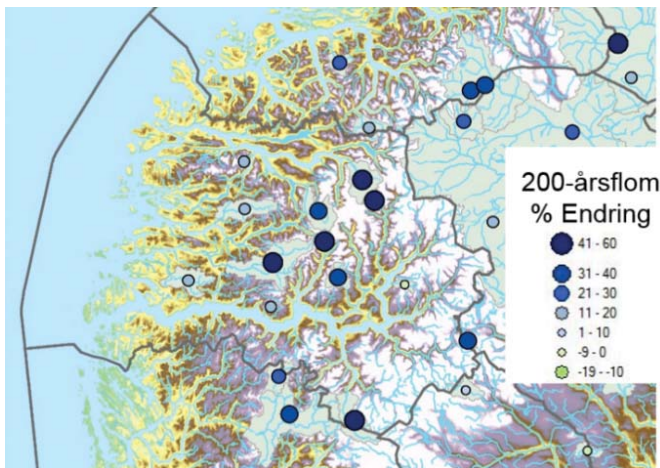
I Hordaland ventar ein noko auke i gjennomsnittleg årleg vassføring, medan dei største endringane er venta innanfor året for dei einskilde sesongane. Auka temperatur vil også påverke vassføringa gjennom året fordi den påverkar både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordamping.

- Om vinteren er det venta auka vassføring

KLIMAPROFIL HORDALAND

fordi nedbøren aukar og meir nedbør kjem som regn i staden for snø.

- Om våren er det venta auka vassføring i fjellet, men redusert vassføring i låglandet fordi snøen i fjellet smeltar tidlegare og snøsmeltinga til dels er ferdig i låglandet.
- Om sommaren er det venta auka nedbør, men det er likevel venta redusert vassføring fordi det fordampar meir, og fordi snøsmeltinga er ferdig i fjellet.
- Om hausten er det venta auka vassføring fordi nedbøren aukar og meir nedbør kjem som regn i staden for snø.



Figur 2. Forventa median prosentvis endring i 200-årsflaum frå 1971-2000 til 2071-2100 [5].

Berekningane viser at også dei ekstreme vassføringane vil endre seg (Figur 2). Klimaendringar i form av meir intense nedbørepisodar, høgare temperatur og meir nedbør som regn er venta å endre flaumregimet i Hordaland slik:

- Snøsmelteflaumane vil kome stadig tidlegare på året og bli mindre mot slutten av hundreåret.
- Nedbøren er venta å auke. I uregulerte vassdrag som i dag har store regnflaumar og i kystnære elver der årets største flaum i dag er ein regnflaum, er det venta auka flaumstorleik. Ved gjennomføring av flaumberekningar og framstilling av flaumsonekart, bør ein rekne med 20 % eller 40 % auke i vassføringa avhengig av plassering og flaumsesong.
- I små, bratte nedbørfelt som reagerer raskt på kraftig regn, og i tettbygde strom vil meir intens lokal nedbør skape særlege problem. Også i

mindre bekkar og elver må ein forvente minst 20 % auke i flaumvassføringa. Ein må vere spesielt merksam på at mindre elver kan finne nye flaumveggar. Urbanisering og fortetting kan bidra til auka problem med overvatn.

Anbefalt klimapåslag på flaumvassføring er 20 % eller 40 % for alle nedbørfelt i Hordaland, avhengig av plassering og flaumsesong.

Flaumfarekart i Hordaland

Det er laga flaumfarekart (flaumsonekart) for fleire strekningar til elver i Hordaland. Karta finst tilgjengeleg digitalt på NVE sin kartkatalog. Tiltrådd klimapåslag i parentes:

- Nestunvassdraget: Flaumsonekart Nesttun (20 %)
- Øystesevassdraget: Flaumsonekart Øystese (20 %)
- Eiovassdraget: Flaumsonekart Eidfjord (20 %)
- Bergsdalsvassdraget: Flaumsonekart Dale (20%)
- Etnevassdraget: Flaumsonekart Etne (20 %)
- Osvassdraget: Flaumsonekart Os (20 %)
- Vossovassdraget: Flaumsonekart Voss (40 %)

Det kan også finnast andre flaumfarekart laga av kommunane. Dersom det ikkje ligg føre flaumfarekart, gjeld tilrådingane i NVE si Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for framtida. Det vil i dei fleste tilfelle vere tilstrekkeleg å sette av soner på minimum 20 meter på kvar side av bekkar og 50-100 meter på kvar side av elver for å dekke område med potensiell flaumfare. På flate elvesletter vil flaumen ha større utstrekking. Kapittel 5 i Retningslinje 2-2011 [6], greier ut korleis ein kan ta omsyn til klimaendringar i arealplanlegginga. For flaum i små vassdrag har NVE laga ein eigen Rettleiar 3-2015 [7] som forklarar korleis ein kan identifisere og kartleggje flaumutsette område langs bekkar. Der elv renner ut i sjø må ein og vurdere faren for stormflo.

KLIMAPROFIL HORDALAND

2.2 Tørke

Sjølvs om sommarnedbøren i Hordaland er venta å auke, vil snøsmeltinga gå føre seg tidlegare og fordampinga auke både om våren og sommaren. Dermed er det sannsynleg at ein kan få noko lengre periodar med lita vassføring i elvene om sommaren og lengre periodar med låg grunnvasstand og større underskot i markvatnet. Dette medfører noko auka fare for skogbrann mot slutten av hundreåret, og kan også gje eit auka behov for jordbruksvatning og utfordringar for settefiskanlegg.

2.3 Isgang

Klimaendringar med høgare temperatur gjev kortare periodar med is, og mindre og tidlegare vårisingangar. Vinterisingangar med skader er ikkje uvanleg i Hordaland, til dømes i Strandaelvi og Ekso. Ved mildvêr og store nedbørmengder som regn, går det i dag vinterisingangar i ei sone litt inn frå kysten. Denne sona vil gradvis flyttast lenger inn i landet og til større høgder over havet. Utover i dette århundret er det venta at vinterisingangar vil skje hyppigare og høgare opp i vassdraga enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidlegare har vore vanleg. Elver nær kysten vert nesten isfrie.

3. Effekt på skred

Skredfaren er sterkt knytt til lokale terrengforhold, men vêret er ein av dei viktigaste utløysingsfaktorane for skred. I bratt terreng vil klimautviklinga kunne gje auka frekvens av skred som er knytt til regnskyll/flaum, snøfall og snøsmelting. Dette gjeld først og fremst jordskred, flaumskred og sørpeskred. Det er difor grunn til auka aktsemd mot desse skredtypane. Ved utgreiing og kartlegging av skredfare i samband med arealplanlegging og utbygging er det difor viktig at alle typar skred vert vurderte nøye i tråd med krava i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningslova §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVE si Retningslinje 2-2011 [6] og NVE sin Veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVE sin Veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], rettleier for utgreiing av fare for ulike skredtypar. Det er likevel ikkje grunn til å rekne med at dei sjeldne, svært

store skreda, vil verte større eller skje hyppigare. For utgreiing av fare for skred trengs det difor ingen ekstra tryggleiksmargin på krava som er omtala i TEK10 [4] og i [6].

Aktsemdskart for skred finst under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVE sin Kartkatalog. Karta er landsdekkande og utarbeidde med bakgrunn i ein landsdekkande høgdemodell. Mindre skråningar med høgdeforskjell mellom 20-50 meter vert ikkje fanga opp i kartlegginga. Desse karta viser difor berre potensiell fare og er best eigna som ein første utsjekk på overordna plannivå. For område i Noreg dekkja av NGI sine kart for stein- og snøskred, er det tilrådd at desse vert nytta i staden for dei nasjonalt dekkande aktsemdskarta for snøskred. For andre skredtypar i bratt terreng som stein-, jord- og flomskred og for sørpeskred, bør landsdekkande aktsemdskart nyttast [6].

Ei oversikt over NVE sine faresonekart finst her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Faresonekart for skred i bratt terreng er laga for delar av kommunane Ullensvang herad, Kvinnherad og Odda. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], dannar grunnlag for NVE si prioritering av kartlegging av ulike typar skred. For einskilde kommunar Hordaland er det også i samband med tidlegare plan- og byggesaker utarbeidd lokale faresonekart for skred i bratt terreng. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) har også utført kartlegging av skred langs delar av veg- og jernbanenettet. Ytterlegare informasjon om nasjonal kartlegging og dei ulike skredtypane finst på NVE sine nettsider.

3.1 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred vert påverka av frost- og rotsprenging, og vert ofte utløyst av auka vasstrykk i sprekkssystem i samband med intens nedbør. Hyppigare episodar med kraftig nedbør vil difor kunne auke frekvensen også av desse skredtypane, men hovudsakleg på mindre steinsprang. Det er ikkje forventa ein vesentleg endra frekvens eller utstrekking på dei store, sjeldne steinskreda.

3.2 Snøskred [laussnøskred, flakskred]

Med eit varmare og våtare klima vil det oftare kome regn på snødekt underlag. Dette gjev gradvis kortare snøsesong, og kystnære strok i låglandet kan bli heilt snøfrie. Faren for tørrsnøskred vil etter kvart verte redusert fordi temperaturstiging vil føre til både høgare snøgrense og høgare tregrense, medan faren for våtsnøskred i skredutsette områder vil auke.

3.3 Jord-, flaum- og sørpeskred

Det er grunn til auka aktsemd mot skredtypane jord-, flaum- og sørpeskred ettersom desse skredtypane kan verte både vanlegare og meir skadelege. Klimautviklinga vil likevel ikkje ha nokon innverknad på aktsemdsområda som er markert på dei nasjonale aktsemdskarta for jord- og flaumskred [12]. Sørpeskred som har høgt vassinnhald og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfelle kunne rekke utanfor desse aktsemdsområda.

3.4 Store fjellskred

Store fjellskred er hovudsakleg resultat av langsiktige geologiske prosessar knytte til sprekkssystem og andre geologiske forhold. Sjølv om oppvarming og tining av permafrosten kan vere ein medverkande faktor for utløysing av einskilde store fjellskred, er det førebels ikkje grunnlag for å seie at klimautviklinga fører til auka frekvens av eller storleik på store fjellskred.

3.5 Kvikkleireskred

I Hordaland er det minimalt med kvikkleire. Dei fleste kvikkleireskred vert utløyst av menneskeleg aktivitet eller erosjon i elver og bekkar. Auka erosjon som følgje av hyppigare og større flaumar kan utløyse fleire kvikkleireskred. Ei vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i område med marine avsetningar må utførast. Det er ikkje utarbeidd kvikkleirekart for Hordaland, men det er viktig å vere merksam på at det kan skje skred også utanfor kartlagde faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåverknad

Havnivåstiging kan føre til at stormflo og bølger strekkjer seg lengre inn på land enn det som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skadar på busetnad og infrastruktur på grunn av overfløyming av område der ein i dag ikkje har registrert skadar.

I rapporten «Havnivåstiging og stormflo» [13] er det gjeve tal for ulike returnivå for stormflo og havnivåstiging med klimapåslag for alle kystkommunar i Hordaland. I berekningane er det teke omsyn til venta landheving. Basert på høge klimagassutslepp og berekingar for perioden 2081-2100, er det tilrådd å nytte 56-72 cm (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstiging med klimapåslag. I tillegg må det gjerast eigne vurderingar for bølge- og vindoppstuving. I rapporten er det gjeve døme på korleis tala i rapporten skal nyttast i planlegging.

5. Overvatn

Som ein konsekvens av at episodar med kraftig nedbør er venta å auke vesentleg både i intensitet og frekvens (sjå avsnitt 1.2 om nedbør), kan utfordringane med overvatn verte større enn i dag. Inntil vidare tilrår ein eit klimapåslag på minst 40 % på regnskyll som varer under 3 timar. Det er difor viktig å integrere dette omsynet i planlegginga av handteringa av overvatn. Norsk Vatn har gjeve ut ein rettleiar i klimatilpassa handtering av overvatn [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumenta.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - regjeringen.no
- [4] Byggeteknisk forskrift (TEK10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomt og ubebygd areal
- [9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Møre og Romsdal

Eit kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing

Januar 2017
Oppdatert juli 2017



Snøskred Sunndal kommune, Møre og Romsdal, mars 2010. Foto: Andrea Taurisano, NVE

KLIMAPROFIL MØRE OG ROMSDAL

Klimaprofilen gjev eit kortfatta samandrag av klimaet, venta klimaendringar og klimautfordringar i Møre og Romsdal. Han er meint som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel for avgjerdsstakarar og planleggjarar i overordna planlegging, og som eit vedlegg til Klimahjelpere [1]. Klimaprofilen gjev oversikt over klimarelaterte problem og kvar ein kan få meir detaljert informasjon om desse. Mykje av innhaldet i klimaprofilen er henta frå «Klima i Norge 2100» [2], og har fokus på endringar fram mot slutten av hundreåret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. Dei menneskeskapte klimaendringane vil halde fram også etter 2100 dersom ikkje utsleppa vert vesentleg redusert.


For å vere «føre var», seier Stortingsmeldinga om Klimatilpassing [3] at ein skal leggje til grunn høge alternativ frå nasjonale klimaframskrivingar når ein skal vurdere konsekvensar av klimaendringar. Klimaprofilen skildrar difor venta klimaendringar med høge klimagassutslepp. Dette er i tråd med at dei globale klimagassutsleppa held fram med å auke som i dei siste tiåra. «Klima i Norge 2100» inkluderer også klimaframskrivingar basert på såkalla middels og låge utslepp. For same klimagassutslepp vil ulike klimamodellar gje ulike resultat. Klimaprofilen viser midlare verdi av ulike modellar. Uvisse og spreieing i resultat er utgreidd nærare i «Klima i Norge 2100» [2].

På klimaservicesenter.no er det gitt utførlege data for midlare verdiar og spreieing for alle årstider, og for ulike klimagassutslepp fram til perioden 2031-2060 så vel som for 2071-2100.

På klimatilpassing.no finn du rettleiing, erfaring og kunnskap om klimatilpassing.




Klimaendringane vil i Møre og Romsdal særleg føre til behov for tilpassing med tanke på kraftig nedbør og auka problem med overvatn; havnivåstiging og stormflo; endringar i flaumforhold og flaumstorleikar; og skred.

SANNSYNLEG AUKE	
 Kraftig nedbør	Det er venta vesentleg auke i episodar med kraftig nedbør både i intensitet og førekomst. Dette vil også føre til meir overvatn
 Regnflaum	Det er venta fleire og større regnflaum
 Jord-, flaum- og sørpeskred	Auka fare som følgje av auka nedbørmengder
 Stormflo	Som følgje av havnivåstiging er det venta auke i stormflonivå

SANNSYNLEG UENDRA ELLER MINDRE	
 Snøsmelteflaum	Snøsmelteflaumane vil kome stadig tidlegare på året og bli mindre mot slutten av hundreåret

Tabell 1. Samandrag som viser venta endringar for Møre og Romsdal frå 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarar som kan ha verknad for samfunnstrygleiken.

MOGLEG SANNSYNLEG AUKE	
 Tørke	Trass i meir nedbør, kan høgare temperaturar og auka fordamping auke faren for tørke om sommaren
 Isgang	Kortare isleggingsesong, hyppigare vinterisgangar samt isgangar høgare opp i vassdraga. Nesten isfrie elver nær kysten
 Snøskred	Med eit varmare og våtare klima vil snøgrensa bli høgare, og regn vil oftare falle på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnø-skred, og auke faren for våtsnøskred i skredutsette område
 Kvikkleireskred	Auka erosjon som følgje av hyppigare og større flaumar kan utløse fleire kvikkleireskred

USIKKER	
 Sterk vind	Truleg lita endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigare episodar med kraftig nedbør vil kunne auke frekvensen av desse skredtypane, men hovudsakleg av mindre steinspranghendingar
 Fjellskred	Det er ikkje venta at klimaendringane vil auke faren for fjellskred vesentleg

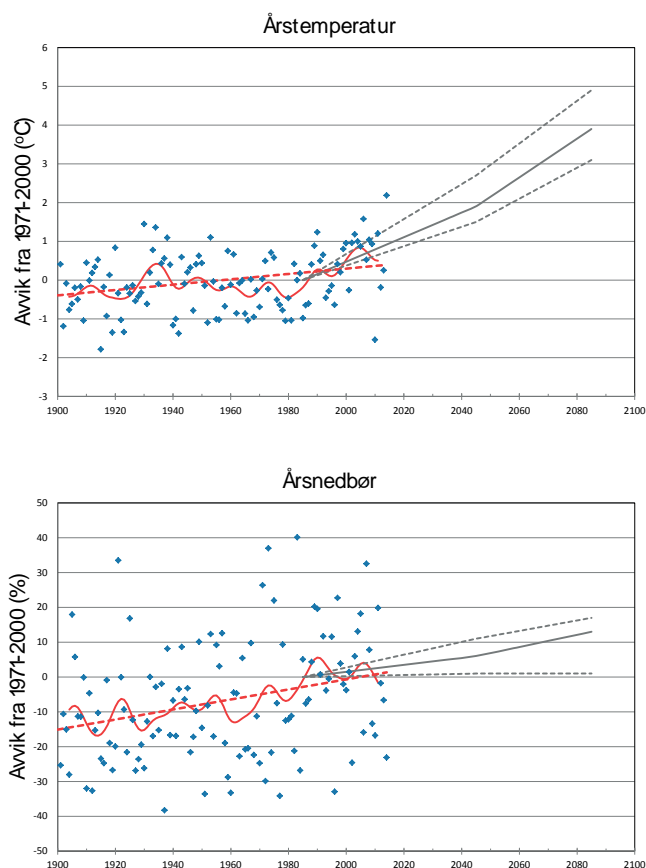
1. Klimaet og klimaendringar i Møre og Romsdal

Det er store skilnader i klima mellom ulike delar av Møre og Romsdal. Nær kysten er klimaet mildt og nedbørrikt, medan det i indre fjord- og dalstrokk er innlandsklima og liten årsnedbør. Vinterstid er middeltemperaturen kring 0 °C ved kysten, medan det er vesentleg lågare temperatur i høgfjellet og indre dalstrokk. Vinterstid kan vêrsituasjonar med føn-effekt gje særst høg temperatur i indre dalstrokk; til dømes er det ved Tafjord og Sunndalsøra målt 18-19 °C både i desember, januar og februar. Dei høgste temperaturane som er målt i Noreg frå oktober til februar er alle observert i Møre og Romsdal. Årsnedbøren varierer i dagens klima frå under 1000 mm ytst på kysten og i indre dalstrokk, og til over 2500 mm i dei mest nedbørrike områda i midtre strokk. Fram mot år 2100 er det venta at årstemperaturen i fylket aukar med ca. 4 °C og at årsnedbøren aukar med ca. 15 % samanlikna med perioden 1971-2000. Dagar med mykje nedbør vil førekome oftare, og nedbørintensiteten vil auke. For vind viser utrekningane ingen store endringar, men uvissa er stor.

1.1 Temperatur

Middeltemperaturen for året er for Møre og Romsdal berekna å auke med 4,0 °C. Auken er størst for vinteren, våren og hausten (4,0 °C) og minst for sommaren (3,5 °C). Vekstsesongen er venta å auke med 2-3 månader over store delar av fylket, og mest i ytre kyststrokk. Vinterstid vil dagar med særst låge temperaturar verta sjeldnare, medan det om sommaren vil førekome fleire dagar med middeltemperatur over 20 °C, og då særleg i dei midtre og indre fjord- og dalstroka. Endringane i temperatur vil i seg sjølve neppe få store konsekvensar for den kommunale planlegginga, men dei kan gje effektar i kombinasjon med endringar i andre klimaelement, som til dømes nedbør.

Figur 1 viser avvik i temperatur (°C) og nedbør (%) frå middelværdi for perioden 1971-2000.



Figur 1. Historiske og berekna framtidige avvik frå middelværdiar (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Møre og Romsdal.

Blå prikkar viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014. Stipla raud strek er observerte trend, medan raud strek viser glatta 10-årsvariasjonar. Grå strek og stipla grå strekar viser høvesvis midlare verdi, låg og høg modellberekning for høge utslepp.

Dersom ein kjenner desse middelværdiane for ein stad, kan figuren nyttast til å gje ein indikasjon på kor høge og låge årsverdiane for temperatur og nedbør har vore i perioden 1900-2014, og kva for verdiane ein kan vente mot slutten av dette hundreåret. For einskilde stadar i Møre og Romsdal er desse middelværdiane for temperatur og nedbør:

- Ulsteinvik 6,9 °C / 2160 mm
- Volda 6,3 °C / 2105 mm
- Tafjord 7,1 °C / 1035 mm
- Ålesund 6,9 °C / 1435 mm
- Molde 6,9 °C / 1705 mm
- Kristiansund 6,8 °C / 1275 mm
- Aursjøen 0,8 °C / 685 mm
- Sunndalsøra 6,9 °C / 970 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Møre og Romsdal er berekna å auke med ca. 15 %. Nedbørendringa for dei fire årstidene er berekna til:

- Vinter: 5 %
- Vår: 5 %
- Sommar: 20 %
- Haust: 15 %

Nedbørauken i millimeter vert størst for dei nedbørrike områda nær kysten. Det er venta at episodar med kraftig nedbør aukar vesentleg både i intensitet og frekvens; noko som vil stille større krav til handtering av overvatn i utbygde strok i framtida. Nedbørmengda for døgn med kraftig nedbør er venta å auke med ca. 15 %. Intensiteten i kortvarige regnskyll er venta å auke meir enn for eitt døgn. Inntil vidare tilrår ein eit klimapåslag på minst 40 % på regnskyll som varer under 3 timar.

1.3 Vind

Klimamodellane gjev lita eller inga endring i midlare vindforhold i dette hundreåret, men det er stor uvisse i framskrivingane for vind. Det viktige for kommunar er at kunnskap om lokale vindforhold vert teke med i planlegginga.

1.4 Snø

Det er venta ein vesentleg reduksjon i snømengdene og i talet på dagar med snø i lågareliggande område nær kysten der dagens vintertemperatur ligg kring 0 °C. I desse kystområda kan det bli lite eller ingen snø i mange år, sjølv om det einiskilde år framleis vil vere vesentlege snøfall. Det vil bli fleire smelteepisodar om vinteren som følgje av auka temperatur.

Høgareliggande fjellområde kan få aukande snømengder fram mot midten av hundreåret. Etter det ventar ein at auken i temperatur vil føre til mindre snømengder også i desse områda mot slutten av hundreåret.

2. Effekt på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gje gradvis mindre snøsmelteflaumar, medan regnflaumane er venta å bli større. Auka frekvens av lokal, intens nedbør gjev ein sannsynleg auke for flaum i tettbygde strok og små bratte vassdrag. Ein må vere spesielt merksam på at mindre bekkar og elver kan finne nye flaumvegar. Anbefalt klimapåslag på flaumvassføring er 20% eller 40% for alle nedbørfelt i Møre og Romsdal, avhengig av plassering og flaumsesong. Flaumfare i eit endra klima skal det takast omsyn til jf. TEK10 [4].

2.1 Flaum og vassføring

Dagens forhold

Møre og Romsdal er kjenneteikna av svært ulike vassdrag. Fylket har fleire store vassdrag, men og små nedbørfelt med bratte elvar. Dei tre største vassdraga er Driva (2484 km²), Rauma (1202 km²) og Surna (1200 km²). Rauma har eit typisk vårflaumregime, der årets største flaum oftast kjem i mai (22 %) eller juni (56 %). Rauma har liten vassføring om hausten, men store regnflaumar med skadepotensiale kan førekome. Driva har både vår- og sommarflaumar med årets største flaum i juni (25 %) eller juli (57 %). Dei aller største flaumane i Driva er sommarflaumar som følgje av kraftig regnvér, enkelte gongar kombinert med snøsmelting. Svært sjeldan førekjem store flaumar om vinteren. Meir enn 70 % av både Driva og Raumavassdraga er dekkja av snaufjell. Både Driva, Surna og Rauma er regulerte. Rauma er minst regulert av dei tre. Regulering reduserer ofte vassføringa i flaumsituasjonar.

Møre og Romsdal har relativt spreidd busetnad (16 personar per km²), men 70% av innbyggjarane bur i tettstader. Dei indre delane av fylket er stort sett fjellområde og svært tynt busett. Flaumskadane i fylket kan likevel bli store i folkesette område; - både på busetnad, infrastruktur og jordbruksområde. I tillegg til sjølve overfløyminga, er det ofte erosjon og utgravingar som gjer stor skade. Av nyare dato er pinseflaumen i juni 2011, som råka Drivdalen kraftig. I Driva ved Elverhøy bru kulminerte vassføringa på det høgste nivået som er

observert sidan målingane starta i 1907. Også ved målestasjonane Risefoss og Svoni var vassføringa blant dei største som er observert. I Sunndal vart nokre innbyggjarar evakuerte, og sikringstiltak og flaumverk blei skada. Pinseflaumen var eit resultat av store nedbørmengder samstundes som høg temperatur førte til kraftig snøsmelting i fjellet. I august 2003 var det ein regnflaum i Driva, kor dei største skadane oppstod i sideelvene, og aller mest i dei øvre delane av vassdraget. Det var og store flaumar i august og september 2004 med skadar på bygningar, infrastruktur (vegar, grøfter, vassinntrenging i hus) og dyrka mark i bl.a. Ørsta og Vanylven.

Observerte endringar

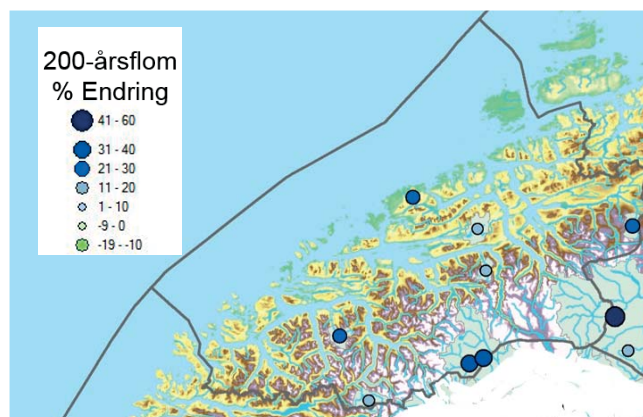
Basert på utvalde målestasjonar er det berekna at vassføringa i Møre og Romsdal i perioden 1985-2014 var litt større enn i perioden 1971-2000. Størst auke har det vore om våren, og størst reduksjon om hausten. Om vinteren og sommaren har vassføringa vore nær uendra.

Framtidige endringar

I Møre og Romsdal ventar ein noko auke i gjennomsnittlig årleg vassføring, medan dei største endringane er venta innanfor året for dei einskilde sesongane. Auka temperatur vil også påverke vassføringa gjennom året fordi den påverkar både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordamping.

- Om vinteren er det venta auka vassføring fordi nedbøren aukar og meir nedbør kjem som regn i staden for snø.
- Om våren er det venta auka vassføring i fjellet, men redusert vassføring i låglandet fordi snøen i fjellet smeltar tidlegare og snøsmeltinga til dels er ferdig i låglandet.
- Om sommaren er det venta auka nedbør, men det er likevel venta redusert vassføring fordi det fordampar meir, og fordi snøsmeltinga er ferdig i fjellet.
- Om hausten er det venta auka vassføring fordi nedbøren aukar og meir nedbør kjem som regn i staden for snø.

Berekningane viser at også dei ekstreme vassføringane vil endre seg (Figur 2). Klimaendringar



Figur 2. Forventa median prosentvis endring i 200-årsflaum frå 1971-2000 til 2071-2100 [5].

i form av meir intense nedbørepisodar, høgare temperatur og meir nedbør som regn er venta å endre flaumregimet i Møre og Romsdal:

- Snøsmelteflaumane vil kome stadig tidlegare på året og bli mindre mot slutten av hundreåret.
- Nedbøren er venta å auke. I uregulerte vassdrag som i dag har store regnflaumar og i kystnære elver der årets største flaum i dag er ein regnflaum, er det venta auka flaumstorleik. Ved gjennomføring av flaumberekningar og framstilling av flaumsonekart, bør ein rekne med 20 % eller 40 % auke i vassføringa avhengig av lokalitet og flaumsesong.
- I små, bratte nedbørfelt som reagerer raskt på kraftig regn, og i tettbygde strom vil meir intens lokal nedbør skape særlege problem. I mindre bekkar og elver må ein også rekne med minst 20 % auke i flaumvassføringa. Ein må vere spesielt merksam på at mindre elver kan finne nye flaumvegar. Urbanisering og fortetting kan bidra til auka problem med overvatn.

Anbefalt klimapåslag på flaumvassføring er 20% eller 40% for alle nedbørfelt, avhengig av plassering og flaumsesong.

Flaumfarekart i Møre og Romsdal

Det er laga flaumfarekart (flaumsonekart) for strekningar i mange vassdrag. Tiltrådd klimapåslag i parentes:

- Raumavassdraget: Flaumsonkart Åndalsnes (40 %)
- Bondalsvassdraget: Flaumsonkart Bondalen (20 %)
- Ørstavassdraget: Flaumsonkart Ørsta (20 %)
- Spjelkavikvassdraget: Flaumsonkart Spjelkavik (20 %)
- Batnfjordvassdraget: Flaumsonkart Batnfjord (20 %)
- Valldøla: Flaumsonkart Sylte (20 %)
- Drivavassdraget: Flaumsonkart Sunndalsøra (40 %)
- Aurelva: Flaumsonkart Sykkylven (20%)
- Moldeelva: Flaumsonkart Molde (20 %)
- Surna: Flaumsonkart Surnadal (20 %)

Det kan også finnast andre flaumfarekart laga av kommunane. Dersom det ikkje ligg føre flaumfarekart, gjeld tilrådingane i NVE si Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for framtida. Det vil i dei fleste tilfelle vere tilstrekkeleg å sette av soner på minimum 20 meter på kvar side av bekkar og 50-100 meter på kvar side av elver for å dekke område med potensiell flaumfare. På flate elvesletter vil flaumen ha større utstrekking. Kapittel 5 i Retningslinje 2-2011 [6], greier ut korleis ein kan ta omsyn til klimaendringar i arealplanlegginga. For flaum i små vassdrag har NVE laga ein eigen Rettleiar 3-2015 [7] som forklarar korleis ein kan identifisere og kartleggje flaumutsette område langs bekkar. Der elv renn ut i sjø må ein òg vurdere faren for stormflo.

2.2 Tørke

Sjølv om sommarnedbøren i Møre og Romsdal er venta å auke, vil snøsmeltinga gå føre seg tidlegare og fordampinga auke både om våren og sommaren. Dermed er det sannsynleg at ein kan få noko lengre periodar med lita vassføring i elvene om sommaren og lengre periodar med låg grunnvasstand og større underskot i markvatnet. Dette medfører noko auka sannsyn for skogbrann mot slutten av hundreåret, og kan også gje eit auka behov for jordbruksvatning og utfordringar for settefiskanlegg.

2.3 Isgang

Klimaendringar med høgare temperatur gjev kortare periodar med is, og mindre og tidlegare vårisgangar. Vinterisgangar med skader er ikkje uvanleg i Møre og Romsdal, til dømes i Surna og Ørskogelva. Ved mildvêr og store nedbørmengder som regn, går det i dag vinterisgangar i ei sone litt inn frå kysten. Denne sona vil gradvis flyttast lenger inn i landet og til større høgder over havet. Utover i dette århundret er det venta at vinterisgangar vil skje hyppigare og høgare opp i vassdraga enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidlegare har vore vanleg. Elver nær kysten vert nesten isfrie.

3. Effekt på skred

Skredfaren er sterkt knytt til lokale terrengforhold, men vêret er ein av dei viktigaste utløysingsfaktorane for skred. I bratt terreng vil klimautviklinga kunne gje auka frekvens av skred som er knytt til regnskyl/ flaum, snøfall og snøsmelting. Dette gjeld først og fremst jordskred, flaumskred og sørpeskred. Det er difor grunn til auka aktsemd mot desse skredtypane. Ved utgreiing og kartlegging av skredfare i samband med arealplanlegging og utbygging er det difor viktig at alle typar skred vert vurderte nøye i tråd med krava i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningslova §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVE si Retningslinje 2-2011 [6] og NVE sin Veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], og NVE sin Veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], rettleier for utgreiing av fare for ulike skredtypar. Det er likevel ikkje grunn til å rekne med at dei sjeldne, svært store skreda, vil verte større eller skje hyppigare. For utgreiing av fare for skred trengs det difor ingen ekstra tryggleiksmargin på krava som er omtala i TEK10 [4] og i [6].

Aktsemdkart for skred finst under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVE sin Kartkatalog. Karta er landsdekkande og utarbeidde med bakgrunn i ein landsdekkande høgdemodell. Mindre skråningar med høgdeforskjell mellom 20 og 50 meter vert ikkje fanga opp i kartlegginga. Desse karta viser difor berre potensiell fare og er best eigna som ein første utsjekk på overordna plannivå. For område i Noreg dekka av NGI sine kart for stein- og snøskred, er det

tilrådd at desse vert nytta i staden for dei nasjonalt dekkande aktsemdskarta. For andre skredtypar i bratt terreng som stein-, jord- og flaumskred og for sørpeskred, bør landsdekkande aktsemdskart nyttast [6].

NVE stiller saman faresonekart for skred i bratt terreng, også frå andre aktørar. Ei oversikt finst her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Karta visar faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart er laga for delar av kommunane Rauma, Ørsta, Sykkylven, Nordal (Sylte), Sunndal og Giske. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11] dannar grunnlag for NVE si prioritering av kartlegging av ulike typar skred. For skred i bratt terreng finst det for einsskilde kommunar i Møre og Romsdal også lokale faresonekart som er laga i samband med tidlegare plan- og byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegging av skred langs delar av veg- og jernbanenettet. Ytterlegare informasjon om nasjonal kartlegging og dei ulike skredtypane finst på NVE sine nettsider.

3.1 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred vert påverka av frost- og rotsprenging, og vert ofte utløyst av auka vasstrykk i sprekkssystem i samband med intens nedbør. Hyppigare episodar med kraftig nedbør vil difor kunne auke frekvensen også av desse skredtypane, men hovudsakleg på mindre steinsprang. Det er ikkje venta vesentleg endra frekvens eller utstrekking på dei store, sjeldne steinskreda.

3.2 Snøskred (laussnøskred, flakskred)

Med eit varmare og våtare klima vil det oftare kome regn på eit snødekt underlag. Dette gjev gradvis kortare snøsesong, og kystnære strok i låglandet kan verte heilt snøfrie. Faren for tørrsnøskred vil etter kvart verte redusert fordi temperaturstiging vil føre til både høgare snøgrense og høgare tregrense, medan faren for våtsnøskred i skredutsette områder vil auke.

3.3 Jord-, flaum- og sørpeskred

Det er grunn til auka aktsemd mot skredtypane jord-, flaum- og sørpeskred ettersom desse skred-

typane kan verte både vanlegare og meir skadelege. Klimautviklinga vil likevel ikkje ha nokon innverknad på aktsemdområda som er markert på dei nasjonale aktsemdkarta for jord- og flaumskred [12]. Sørpeskred som har høgt vassinnhald og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfelle kunne rekke utanfor desse aktsemdsområda.

3.4 Store fjellskred

Store fjellskred er hovudsakleg resultat av langsiktige geologiske prosessar knytte til sprekkssystem og andre geologiske forhold. Sjølv om oppvarming og tining av permafrost kan vere ein medverkande faktor for utløysing av einsskilde store fjellskred, er det førebels ikkje grunnlag for å seie at klimautviklinga fører til auka frekvens av eller storleik på store fjellskred. Tre fjellparti i Møre og Romsdal er definerte som høgrisiko område og vert kontinuerlig overvaka av NVE med omsyn til rørsler og ustabilitet: Mannen i Romsdalen, Åkneset ved Sunnlyvsfjorden i Stranda og Heggursaksla i Tafjorden.

3.5 Kvikkleireskred

I Møre og Romsdal finst det ein del område med kvikkleire. Dei fleste kvikkleireskred vert utløyst av menneskeleg aktivitet, men vert også påverka av erosjon i elver og bekkar. Auka erosjon som følgje av hyppigare og større flaumar kan utløyse fleire kvikkleireskred. Ei vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i område med marine avsetningar må utførast. Det er ikkje utarbeidd kvikkleirekart for Møre og Romsdal, men det er viktig å vere merksam på at det kan skje skred også utanfor kartlagde faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåverknad

Havnivåstiging kan føre til at stormflo og bølger strekkjer seg lengre inn på land enn det som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skadar på busetnad og infrastruktur på grunn av overfløyming av område der ein i dag ikkje har registrert skadar.

I rettleiaren «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gjeve tal for ulike returnivå for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for alle kystkommunar i Møre og Romsdal. I berekningane er det teke omsyn til venta landheving. Basert på høge klimagassutslepp og berekningar for perioden 2081-2100, er det tilrådd å nytte 57-77 cm (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjerast eigne vurderingar for bølge- og vindoppstuving. I rettleiaren er det gjeve døme på korleis tala skal nyttast i planlegging.

5. Overvatn

Dei største skadane på busetnad og infrastruktur i Møre og Romsdal oppstår gjerne i samband med kraftig kortvarig nedbør som gjev store mengder

overvatn og urbanflaumar. Tette flatar som asfalterte vegar og parkeringsplassar gjev raskare avrenning enn naturlege flater, og kan føre til auka flaumfare i bekkar og vassdrag dersom vatnet vert leidd for raskt ut i vassdraga.

Som ein konsekvens av at episodar med kraftig nedbør er venta å auke vesentleg både i intensitet og frekvens (sjå avsnitt 1.2 om nedbør), er utfordringane med overvatn venta å bli større enn i dag. Inntil vidare tilrår ein eit klimapåslag på minst 40 % på regnskyll som varer under 3 timar. Det er difor viktig å integrere dette omsynet i planlegginga av handteringa av overvatn. Norsk Vatn har utgitt ein rettleiar i klimatilpassa handtering av overvatn [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumenta.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelpen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpassning i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpassning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpassning i Norge - regjeringen.no
- [4] Byggeteknisk forskrift (TEK10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal
- [9] Schanche, S. (Red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (Red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Nordland

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Juni 2016
Oppdatert juli 2017



Sørpeskred/flomskred i Rånvassbotn/Ballangen kommune i mai 2010. Foto: NVE/Knut Hoseth

KLIMAPROFIL NORDLAND

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Nordland. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenariet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.




På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil i Nordland særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.


ØKT SANNSYNLIGHET

 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke





MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

 Tørke	Til tross for vesentlig mer sommernedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi noe økt fare for tørke
 Isgang	Kortere isleggingssesong, hyppigere vinteris-ganger samt isganger høyere opp i vassdragene
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på snødekket underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET

 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
--	---

USIKKERT

 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsaklig for mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Nordland fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

1. Klimaet og klimaendringer i Nordland

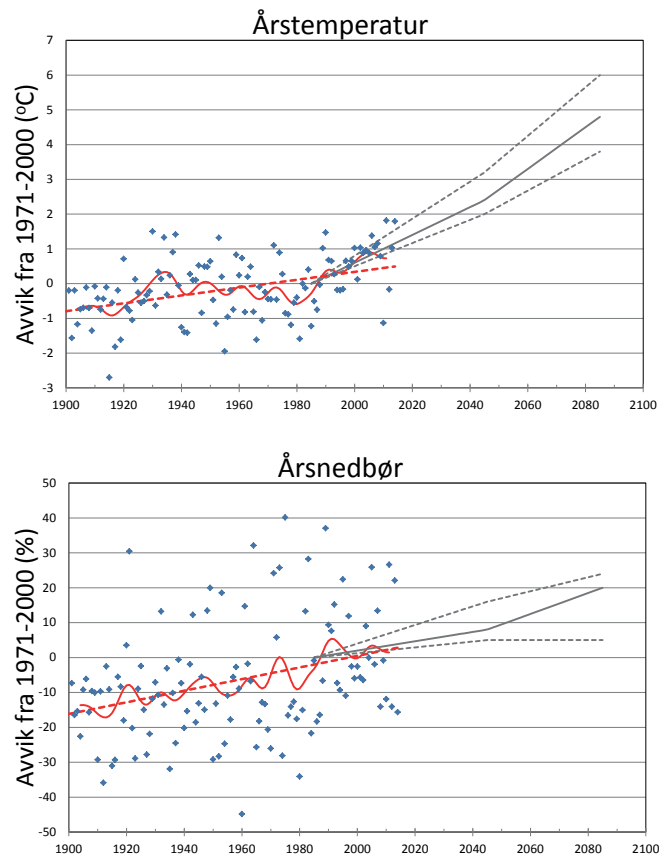
Klimaet i Nordland kjennetegnes av en relativt mild og nedbørrik kyst, mens det i indre dalstrøk er lav årsnedbør og lave temperaturer vinterstid. Det forventes ikke at dette mønsteret endres vesentlig. Vinterstid kan polare lavtrykk gi rask vindøkning og kraftig snønedbør i ytre strøk. Det beregnes at årstemperaturen i Nordland øker med ca. 5 °C, og nedbøren øker med ca. 20 % i løpet av århundret sammenliknet med perioden 1971-2000. Dager med mye nedbør kommer litt hyppigere, og med økt nedbørintensitet. Temperaturen beregnes å øke mest om vinteren, og minst om sommeren. For vind viser beregningene små endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Nordland er beregnet å øke med ca. 5,0 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinteren, ca. 5,0 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 4,5 °C. Vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder, og mest i ytre kyststrøk. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Nordland er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur/ nedbør for perioden 1971-2000:

- Sandnessjøen: 6,0 °C / 1570 mm
- Mosjøen: 3,9 °C / 1820 mm
- Hattfjelldal: 1,5 °C / 1060 mm
- Mo i Rana: 3,1 °C / 1460 mm



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Nordland. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiptet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye klimagassutslipp.

- Fauske: 4,1 °C / 1070 mm
- Bodø: 4,8 °C / 1050 mm
- Narvik: 3,9 °C / 860 mm
- Svolvær: 4,9 °C / 1550 mm
- Røst: 5,4 °C / 710 mm
- Sortland: 4,5 °C / 1340 mm
- Andenes: 4,4 °C / 900 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Nordland er beregnet å øke med ca. 20 %. Sesongmessig fordeler dette seg slik:

- Vinter: 10 %
- Vår: 5 %
- Sommer: 30 %
- Høst: 25 %

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørmengden for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 20 %. Størst økning i intensitet (35 %) er forventet i sommermånedene. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døgnet nedbør. Inntil videre foreslås det et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med kortere varighet enn 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snødekke i lavereliggende områder, men det vil fortsatt være enkelte år med betydelig snøfall selv i lavlandsområdene. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av høyere temperatur. Høyereliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens økt nedbør vil føre til at regnflommene i lavtliggende kystnære vassdrag blir større. Økningen i regnflommer i Nordland forventes å bli av de største i landet. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og i små bratte vassdrag som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 40 % for nedbørfelt på Helgeland (dvs. sør for Saltdal), og minst 20 % for andre nedbørfelt. Flomfare i et endret klima skal tas hensyn til ifølge kravene i TEK 10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

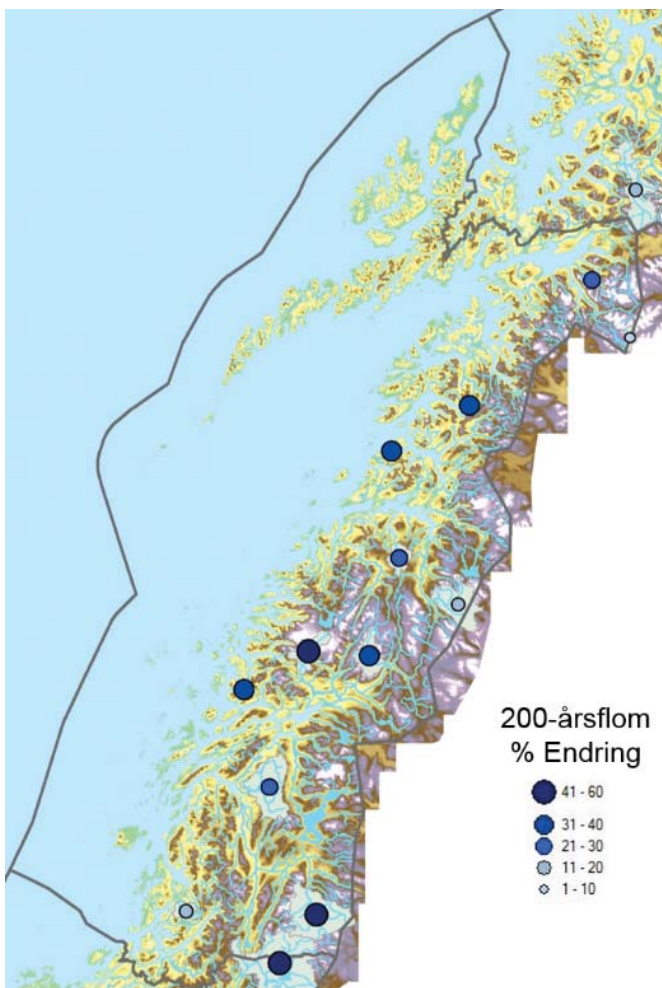
I indre og høyereliggende deler av Nordland er det vanlig at årets største flom er en snøsmelteflom om våren. Dersom det også kommer regn under snøsmeltingen, vil flommene bli spesielt store, men rask snøsmelting alene kan også gi store flommer, som i Fusta og Salangselva i mai 2010. Noen ganger gir også snøsmelting et bidrag til høstflommene. Også intens regnedbør kan gi store skadeflommer. I ytre strøk av Nordland skapes de fleste flommene av regn eller av en kombinasjon av regn og snøsmelting. Sideelver som bryter ut av sitt normale løp kan være en viktig skadeårsak i flomsituasjoner. Skadepotensialet er spesielt stort når elva går gjennom tettsteder og byggefelt. Mange norske byggefelt er anlagt på skredvifter rundt småelver og på dalfyllinger i leirjordsområder. Skadene her skyldes ofte oversvømmelse, erosjon eller tilbakeslag/overvannsproblematikk ved gravearbeider.

Ved NVEs målestasjoner er det registrert flere flomhendelser fra begynnelsen av 1900-tallet og frem til i dag. Den største flommen i Saltdalselva, der snøsmelting dominerer, var i juni 1922, og den nest største var i 1995. I Vefsna, Fusta, Strandå og Laksåga har de største flommene funnet sted i alle årets måneder, særlig i mai (snøsmelting) og oktober (regn). I Kjerringå, Lomdalselv og Ringstadelv dominerer regnflommer, og flommene kan opptre til alle årstider, men opptrer hyppigst i oktober.

I Nordland er både infrastruktur og bebyggelse relativt spredt. Likevel kan flom gi store skader på bebyggelse og jordbruksområder. Dessuten skaper flom ofte problemer for fremkommelighet på vegnettet.

Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at vannføringen i Nordland i perioden 1985-2014 var noe mindre enn perioden 1971-2000. Vannføringen har økt om vinteren og våren fordi snøsmeltingen starter tidligere. Den prosentvise reduksjonen er størst om sommeren. Dette skyldes en kombinasjon av tidligere snøsmelting, høyere fordampning, og at nedbørøkningen hittil ikke har vært stor om sommeren.



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 (fra [5]).

Fremlidige endringer

Økt nedbør fører til at det i Nordland forventes at gjennomsnittlig årlig vannføring vil øke med ca. 10 % på årsbasis. Også økt temperatur vil påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Om vinteren forventes vesentlig økt vannføring fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i stedet for snø. Om våren forventes økt vannføring i fjellet, men redusert vannføring i lavlandet fordi snøen i fjellet smelter tidligere og snøsmeltingen til dels er ferdig i lavlandet. Om sommeren forventes redusert vannføring fordi snøsmeltingen er ferdig i fjellet, og det fordampes mer. Om høsten forventes overveiende økt vannføring fordi mer nedbør kommer som regn og ikke snø.

Klimaendringer i form av mer intense nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn

i stedet for snø forventes å endre flomregimet i Nordland fram mot 2100:

- Nedbøren forventes å øke og en stadig større andel vil komme som regn. I uregulerte vassdrag som i dag kan få store regnflommer, forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % eller 40 % økning i vannføringen avhengig av plassering i fylket.
- I mindre, bratte vassdrag (elver og bekker) som reagerer raskt på kraftig regn, og i tettbygde urbane strøk vil mer intens lokal nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man forvente minst 20 % økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier.

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 40 % for nedbørfelt på Helgeland (dvs. sør for Saltdal), og minst 20 % for andre nedbørfelt.

Flomfarekart i Nordland

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Vefsna, Røssåga, Ranavassdraget, Beiarelva, Lakselv og Saltdalselv. De er tilgjengelig digitalt på NVEs kartkatalog. Anbefalt klimapåslag i parentes:

- Vefsna - Flomsonekart: Mosjøen, Trofors-Grane og Hattfjelldal (40 %)
- Røssåga: Flomsonekart Korgen (40 %)
- Ranaelva: Flomsonekart Røssvoll (40 %)
- Beiarelva: Flomsonekart Beiarn (20 %)
- Lakselv: Flomsonekart Misvær (20 %)
- Saltdalselva: Flomsonekart Rognan og Røkland (20 %)

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til

KLIMAPROFIL NORDLAND

klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Selv om sommernedbøren i Nordland forventes å øke vesentlig, vil også fordampningen øke og dermed er det sannsynlig at man kan få noe lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for skogbrann mot slutten av århundret og det kan også bli økt behov for jordbruksvanning.

2.3 Isgang

Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisinganger. Vinterisinganger med skader er vanlig i Nordland, og isgangene i Beiarelva og Ranelva kan være store. Ved mildvær og store nedbørhendelser som regn, går det i dag vinterisinganger i en sone litt inn fra kysten. Denne sonen vil gradvis flyttes lenger inn i landet og til større høyder over havet. Utover i dette århundret ventes vinterisinganger å skje hyppigere og høyere opp i vassdrag enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidligere har vært vanlig.

3. Effekter på skred

Skredfare er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/flom og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred og flomskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s §7.3 [4] og Plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike

skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er derfor best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/> Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000 års skred. Slike kart er utarbeidet for områder i Lurøy, Meløy og Narvik kommuner. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11] danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For skred i bratt terreng finnes det for enkelte kommuner i Nordland også lokale faresonekart som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

3.1 Kvikkleireskred

De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men kan også påvirkes av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. I Nordland er det mange områder med marine avsetninger med mulig fare for kvikkleireskred.

For kvikkleireskredfare utgjør marin grense en øvre grense for hvor det kan inntreffe kvikkleireskred. NGU har kart som viser marin grense og mulighet for marin leire. I enkelte områder er det utført nasjonal kartlegging av områder med fare for store naturlige

kvikkleireskred. Det gjelder Fauske/Sørfold og på Helgeland (kartbladene dekker deler av kommunene Beiarn, Rana, Hemnes, Vefsn, Grane, Leirfjord). Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred påvirkes av frost- og rotspredning, og utløses ofte av økt vanntrykk i sprekk-systemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekk-systemer og andre geologiske forhold. Selv om oppvarming og tining av permafrosten kan være en medvirkende faktor for utløsning av enkelte store fjellskred, er det foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen vil føre til økt hyppighet av eller størrelse på store fjellskred i Nordland.

3.4 Snøskred (løssnøskred, flakskred)

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare, men ikke for de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord-, flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land, enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder hvor en i dag ikke har registrert skader. I veilederen «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for kystkommunene i Nordland. I beregningene er tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke 40-82 cm for Nordland (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vind-oppstuvning. I veilederen er det gitt eksempler på hvordan tallene skal brukes i planlegging.

5. Overvann

Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klima
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - regjeringen.no
- [4] Byggteknisk forskrift (TEK10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Veileder 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal
- [9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo - samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Nord-Trøndelag

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Oktober 2016
Oppdatert juli 2017



Flom på Høylandet i februar 2015. Aggregatet som skulle pumpe ut flomvannet fra bolighuset tok fyr, og brannen spredte seg til hele huset. En traktor måtte hjelpe brannbilen frem til branntomta. Foto: Trønderavisa/Marius Langfjord

KLIMAPROFIL NORD-TRØNDELAG

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Nord-Trøndelag. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenariet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.

På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil i Nord-Trøndelag særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flom-størrelser; og skred.

ØKT SANNSYNLIGHET

 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormfloniået å øke


MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

 Tørke	Til tross for mer nedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi noe økt fare for tørke om sommeren
 Isgang	Kortere isleggingsesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på snødekket underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred. Nord-Trøndelag er særlig utsatt for kvikkleireskred som følge av kraftig nedbør og økt flom

USIKKERT

 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET

 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
--	---

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Nord-Trøndelag fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

1. Klimaet og klimaendringer i Nord-Trøndelag

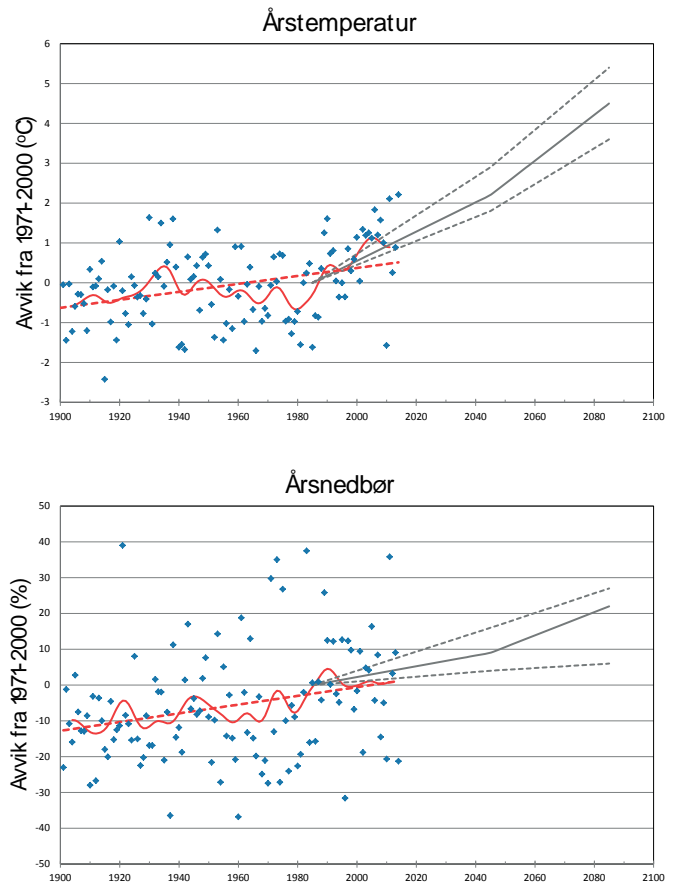
Klimaet i Nord-Trøndelag kjennetegnes av en relativt mild og nedbørrik kyst, mens det i indre dalstrøk er lav årsnedbør og lave temperaturer vinterstid. Det forventes ikke at dette mønsteret endres vesentlig. Vinterstid kan polare lavtrykk gi rask vindøkning og kraftig snønedbør i ytre strøk. Det beregnes at årstemperaturen i Nord-Trøndelag øker med ca. 4,5 °C, og at årsnedbøren øker med ca. 20 % i løpet av århundret sammenliknet med perioden 1971-2000. Dager med mye nedbør kommer litt hyppigere, og med økt nedbørintensitet. Temperaturen beregnes å øke mest vinter og vår, og minst om sommeren. For vind viser beregningene små endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Nord-Trøndelag er beregnet å øke med ca. 4,5 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinter og vår, ca. 5,0 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 4,0 °C. Vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder, og mest i ytre kyststrøk. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Nord-Trøndelag er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur/nedbør for perioden 1971-2000:

- Værnes 5,6 °C / 890 mm
- Meråker 4,0 °C / 1005 mm



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Nord-Trøndelag. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye klimagassutslipp.

- Levanger 5,0 °C / 850 mm
- Steinkjer 4,7 °C / 1000 mm
- Namsos 5,3 °C / 1395 mm
- Rørvik 5,6 °C / 1335 mm
- Nordli 1,2 °C / 700 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Nord-Trøndelag er beregnet å øke med ca. 20 %. Sesongmessig fordeler dette seg slik:

- Vinter: ca. 10 %
- Vår: ca. 5 %
- Sommer: ca. 25 %
- Høst: ca. 30 %

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørmengden for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 20 %. Størst økning i intensitet (ca. 25 %) er forventet sommer og høst. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døgnnedbør. Inntil videre foreslås det et klimapåslag på minst 40 % på regnsvyll med kortere varighet enn 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø, spesielt i lavereliggende områder, men det vil fortsatt være enkelte år med betydelig snøfall selv i lavlandsområder. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

Høyereliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens regnflommene forventes å bli større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og i små, bratte vassdrag som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. I mindre nedbørfelt og i alle nedbørfelt i kystsonen anbefales et klimapåslag på minst 20 %. Flomfare i et endret klima skal tas hensyn til ifølge TEK 10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

Namsen er det største vassdraget i Nord-Trøndelag, etterfulgt av Steinkjerelva, Stjørdalselva, Verdalselva og mange mindre vassdrag som drenerer til hav, fjord eller til Sverige.

Det som karakteriserer Nord-Trøndelag er at årets største flom forekommer på vinteren i flere vassdrag. Årsaken er mye regn i kombinasjon med snøsmelting. På ytre strøk, som på Fosen, har de fire største flommene de siste 100 år vært på vinteren (januar-mars). I Namsen, og andre store vassdrag, som Stjørdalselva og Steinkjerelva, er det ingen årstid som peker seg ut med hensyn til når årets største flom forekommer. I vassdrag som i stor grad drenerer indre og høyereliggende strøk forekommer som regel årets størst flom om våren, på grunn av kombinasjonen snøsmelting og regn. Men også der har noen av de aller største flommene kommet vinter eller høst. Intens nedbør om sommeren og høsten kan gi store skadeflommer i mindre elver, men i de større vassdragene er det sjelden store flommer om sommeren.

Både høst- og vinterflommene skyldes mye nedbør, ofte kombinert med snøsmelting. Sideelver som bryter ut av sitt normale løp kan være en viktig skadeårsak i flomsituasjoner. Skadepotensialet er spesielt stort når elva går gjennom tettsteder og bebygde områder.

Mange bebygde områder er anlagt på vifter ved munningen av små og store elver. Skadene skyldes både oversvømmelse, erosjon og stor masseføring (stein og grus som kan bidra til flomskadene). Flomskadene kan bli store på bebyggelse, infrastruktur og jordbruksområder. Dessuten skaper flom ofte problemer for fremkommelighet på vegnettet.

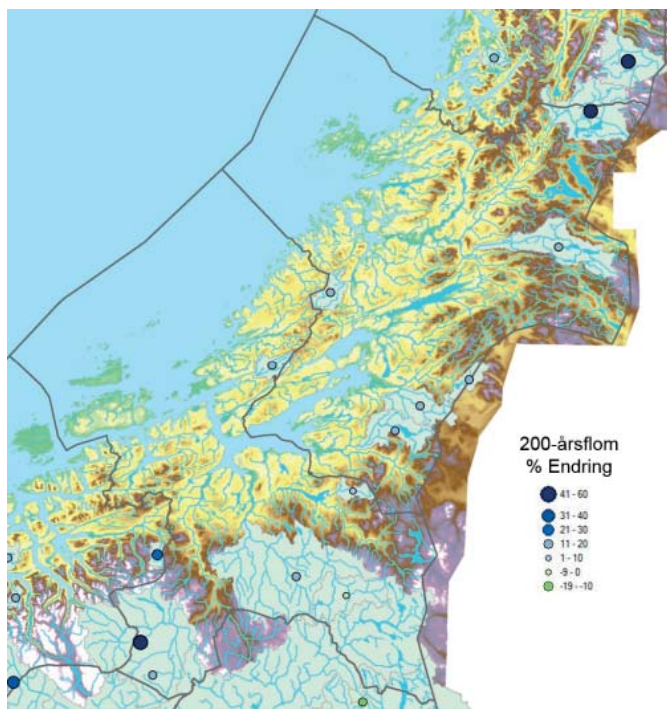
Ved NVEs målestasjoner for vannføring er det registrert flere store flomhendelser fra begynnelsen av 1900-tallet og frem til i dag. Den største flommen i Stjørdalselva, Steinkjerelva, Verdalselva, og i flere elver på ytre strøk ble registrert i januar 2006 (pga. store nedbørmengder og snøsmelting). I Namsen, som er regulert, ble den største flommen observert i november 1961.

Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at vannføringen i Nord-Trøndelag i perioden 1985-2014 var omtrent den samme som i perioden 1971-2000. Vannføringen har økt om vinteren og våren fordi snøsmeltingen starter tidligere. Reduksjonen er særlig stor om sommeren og høsten. Dette skyldes en kombinasjon av høyere fordampning og at nedbørøkningen hittil ikke har vært stor om sommeren.

Fremtidige endringer

Selv om nedbøren øker i alle sesonger, fører høyere temperatur og dermed økt fordampning til en forholdsvis liten økning i gjennomsnittlig årlig vannføring i Nord-Trøndelag. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmeltning og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Om vinteren forventes økt vannføring fordi nedbøren øker med ca. 10 % og mer vil komme som regn i stedet for snø. Om våren



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

forventes økt vannføring i fjellet, men redusert vannføring i lavlandet fordi snøen i fjellet smelter tidligere og snøsmeltingen til dels er ferdig i

lavlandet. Nedbøren om sommeren er beregnet å øke, men det forventes likevel redusert vannføring fordi det fordamper mer, og fordi snøsmeltingen er ferdig i fjellet. Om høsten forventes økt vannføring fordi nedbøren øker og mer nedbør faller som regn i stedet for snø.

Beregningene viser at også de ekstreme vannføringene vil endre seg; se figur 2 som viser endring i 200-års flom. Klimaendringer i form av mer intense nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn i stedet for snø forventes å endre flomregimet i Nord-Trøndelag fram mot 2100:

- Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret.
- Nedbøren forventes å øke. I kystnære elver hvor årets største flom i dag er en regnflom forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen.
- I mindre, bratte vassdrag (elver og bekker) som reagerer raskt på nedbør, og i tettbygde strøk med tette flater vil mer intens nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier. Her anbefales et klimapåslag på minst 20 %.

Anbefalt klimapåslag er 0 % for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer, og minst 20 % for alle andre vassdrag.

Flomfarekart i Nord-Trøndelag

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Levangervassdraget, Namsen, Steinkjerelva, Stjørdalselva og Verdalsvassdraget. De er tilgjengelig digitalt på NVEs kartkatalog. Anbefalt klimapåslag i parentes.

- Levangervassdraget: Flomsonekart Levanger (20 % er inkludert i flomsonekartet).
- Namsen: Flomsonekart Overhalla, Flomsonekart Grong, Flomsonekart Namsos, (20 %).

- Steinkjerelva: Flomsonekart Steinkjer (0 %, med unntak av Oгна (20 %), som er dominert av regnflommer).
- Stjørdalselva: Flomsonekart Hell (0 %).
- Verdalsvassdraget: Flomsonekart Verdalsøra (0 %).

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6] beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en ny Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Selv om sommernedbøren i Nord-Trøndelag forventes å øke, vil snøsmeltingen foregå tidligere, og fordampningen øke både om våren og sommeren. Dermed er det mulig at man kan få noe lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, og lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for tørke og skogbrannfare mot slutten av århundret, og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning og utfordringer for settefisk-anlegg.

2.3 Isgang

Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisganger. Vinterisganger med skader er vanlig i Trøndelag, og isgangene i Namsen- og Verdalsvassdraget kan være store. Ved mildvær og store nedbørhendelser som regn, går det i dag vinterisganger i en sone litt inn fra kysten. Denne sonen vil gradvis flyttes lenger inn i landet og til større høyder over havet. Utover i dette århundret ventes vinterisganger å skje hyppigere og høyere opp i vassdrag enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidligere har vært vanlig.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/flom og snøfall. Dette gjelder først og fremst jord-skred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin i tillegg til kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart er ikke utarbeidet av NVE for kommuner i Nord-Trøndelag. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For skred i bratt terreng finnes det for enkelte kommuner i Nord-Trøndelag også

lokale faresonekart som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan og byggesaker. Skredfarekart er utarbeidet av NGI for Grong kommune. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

3.1 Kvikkleireskred

De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet eller erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Faresonekart for kvikkleire er utarbeidet for Grong, Høylandet, Inderøy, Leksvik, Levanger, Meråker, Namdalseid, Namsos, Overhalla, Snåsa, Steinkjer, Stjørdal og Verdal. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen. Kvikkleireskred i bebygde områder kan medføre store økonomiske konsekvenser, samt fare for liv og helse.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred påvirkes av frost- og rotsprenning, og utløses ofte av økt vanntrykk i sprekk-systemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av lang-siktige, geologiske prosesser knyttet til sprekk-systemer og andre geologiske forhold. Det er foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen fører til økt hyppighet av eller størrelse på store fjellskred.

3.4 Snøskred (løssnøskred, flakskred)

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare, men ikke for de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta. Sørpeskred er behandlet i neste avsnitt.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord-, flom- og sørpeskred, fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land, enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder hvor en i dag ikke har registrert skader.

I rapporten «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for alle kommuner i Nord-Trøndelag. I beregningene er det tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke 48-60 cm (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstiving. I rapporten er det gitt eksempler på hvordan tallene i rapporten skal brukes i planlegging.

5. Overvann

De største skadene på bebyggelse og infrastruktur i Nord-Trøndelag oppstår gjerne i forbindelse med kraftig kortvarig nedbør som gir store mengder overvann og urbanflommer. Tette flater som asfalterte veier og parkeringsplasser gir raskere avrenning enn naturlige flater, og fører til økt flomfare i bekker og vassdrag dersom vannet ledes for raskt ut i vassdragene. Et eksempel på en slik hendelse skjedde i Vuku sentrum i 2006. Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i

KLIMAPROFIL NORD-TRØNDELAG

avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpning i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - regjeringen.no
- [4] Byggteknisk forskrift (TEK 10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014).
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygd areal
- [9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innenoversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo - samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Oppland

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

September 2016
Oppdatert juli 2017



Veikleåa i Kvam, juni 2011, Foto: Jan Langsethagen, NVE

KLIMAPROFIL OPPLAND

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Oppland. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av innholdet i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2], og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer med høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenarioet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100» [2].

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.

På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil i Oppland særlig føre til behov for tilpasning i forhold til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.

ØKT SANNSYNLIGHET	
 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
MULIG ØKT SANNSYNLIGHET	
 Tørke	Til tross for mer nedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi økt fare for tørke om sommeren
 Isgang	Kortere isleggings sesong, hyppigere vinterisganger samt isganger lenger opp i vassdragene enn i dag
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil snøgrensen bli høyere, og regn vil oftere falle på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET	
 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
USIKKERT	
 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsakelig for mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Oppland fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

1. Klimaet og klimaendringer i Oppland

Oppland har et såkalt kontinentalt klima med kalde vintre. I de mest bebodde områdene i dalførene er somrene varme og det er relativt nedbørfattig. I fjellområdene er somrene kjøligere og det kommer mer nedbør. Vinterstid er middeltemperaturen fra $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ til $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$. På kalde vinterdager kan minimumstemperaturen bli lavere enn $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, mens det på varme sommerdager kan bli over 30 varmegrader i dalstrøkene. Årsnedbøren er høyest i sørøst (ca 700 mm), og nordligste del av Gudbrandsdalen med sidedaler er landets mest nedbørfattige område (ca. 300 mm i Skjåk).

Det beregnes at årstemperaturen i Oppland øker med ca. $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, og at årsnedbøren øker med ca. 20 % frem mot slutten av århundret. Nedbørintensiteten vil øke på dager med kraftig nedbør, og dager med mye nedbør kommer hyppigere. Temperaturen og nedbøren beregnes å øke mest om vinteren. Når det gjelder vind beregnes ingen store endringer, men usikkerheten er stor.

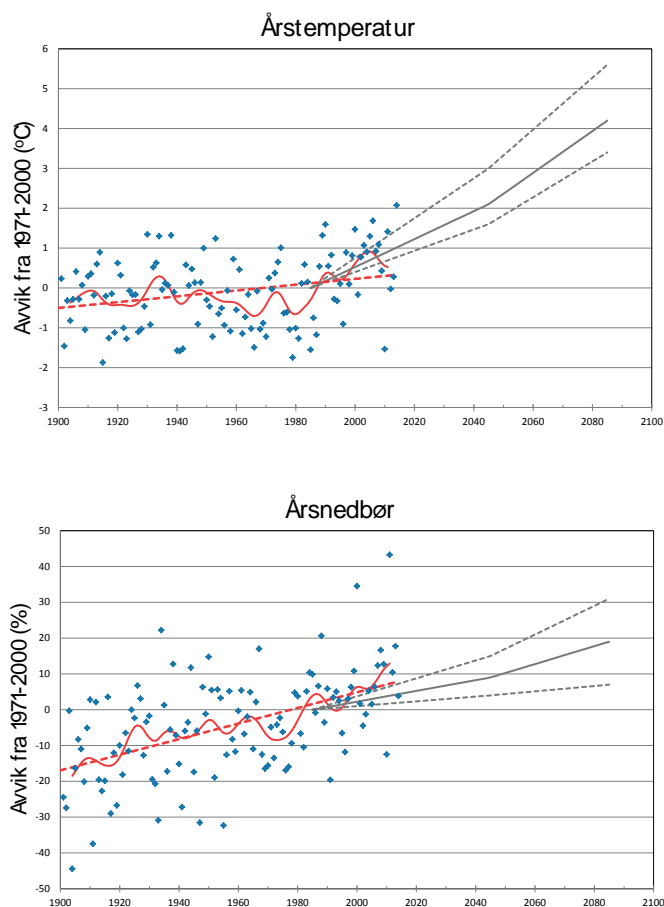
1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Oppland er beregnet å øke med omtrent $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Økningen for de fire årstidene er beregnet til:

- Vinter: ca. $5,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Vår: ca. $4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Sommer: ca. $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Høst: ca. $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Vekstsesongen vil øke med 1 til 2 måneder. Vinterstid vil dager med svært lave temperaturer bli sjeldnere.

Figur 1 viser avvik i hhv. årstemperatur ($^{\circ}\text{C}$) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Oppland. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye klimagassutslipp.

perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Oppland er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur / nedbør for perioden 1971-2000:

- Lillehammer $3,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 660 mm
- Gjøvik $4,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 685 mm
- Jevnaker $3,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 660 mm
- Fagernes $2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 520 mm
- Vinstra $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 430 mm
- Lom $3,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ / 320 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Oppland er beregnet å øke med ca. 20 %. Nedbørendringen for de fire årstidene er beregnet til:

- Vinter: +25 %
- Vår: +20 %
- Sommer: +10 %
- Høst: +20 %

Nedbørøkningen i millimeter blir større i de nedbørrike områdene i sørøst og nordvest enn i de tørreste dalstrøkene.

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet; noe som vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørmengden for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med 20 %. For kortvarige nedbørepisoder er det indikasjoner på at økningen i intensitet kan være større enn for verdiene i løpet av ett døgn. Inntil videre anbefales et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4. Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og i antall dager med snø i lavereliggende områder, men det vil fortsatt være enkelte år med betydelig snøfall selv i lavlandsområder. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

Høyereliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene, bortsett fra enkelte høyfjellsområder.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens regnflommene forventes å bli større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og små bratte vassdrag. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. Bortsett fra i store elver som domineres av snøsmelteflommer i dagens klima, anbefales minst 20 % klimapåslag. Det skal tas hensyn til flomfare i et endret klima ifølge TEK10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

I de fleste elvene i Oppland er det vanlig at snøsmelteflommer om våren eller sommeren er årets største flom. Dersom det også kommer regn under snøsmeltingen vil flommene bli spesielt store. Det finnes også flere eksempler på at rene regnflommer om sommeren eller tidlig på høsten kan bli store og forårsake skade, særlig i mindre sidevassdrag som da kan bryte ut av sitt normale løp. Ofte går det også flom- og jordskred i forbindelse med flomsituasjoner. Skadepotensialet er spesielt stort når elva går gjennom byer, tettsteder og byggefelt.

Mange tettsteder og byggefelt er anlagt på skredvifter og elvevifter rundt små og store elver. Oppland har dessuten utfordringer med mye bebyggelse langs små bratte, masseførende sidevassdrag. Skadene skyldes både oversvømmelser og erosjon og stor masseføring (stein og grus) som i stor grad kan bidra til flomskadene. Flomskadene kan derfor bli store både på bebyggelse, infrastruktur og jordbruksområder.

Gudbrandsdalslågen er Opplands største elv, med sidevassdrag som Vinstra, Sjoa og Otta som kommer ned fra Jotunheimen i vest. Det er også flere bratte sidevassdrag fra øst. Vassdraget er relativt lite regulert og både i hovedvassdraget og i sidevassdragene kan det bli store skadeflommer. Den største kjente flommen i Gudbrandsdalslågen er «Storofsen» i 1789, men også i nyere tid har det vært svært store skadeflommer. Ved målestasjonen Losna (i hovedvassdraget) hvor observasjonene startet i 1896, er vårflommen i 1995 den nest størst

KLIMAPROFIL OPPLAND

observerte etter flommen i september 1938. I 2011 og 2013 ble det særlig store skader i Kvam da store nedbørmengder førte til jordskred og skadeflom i Veikleåa.

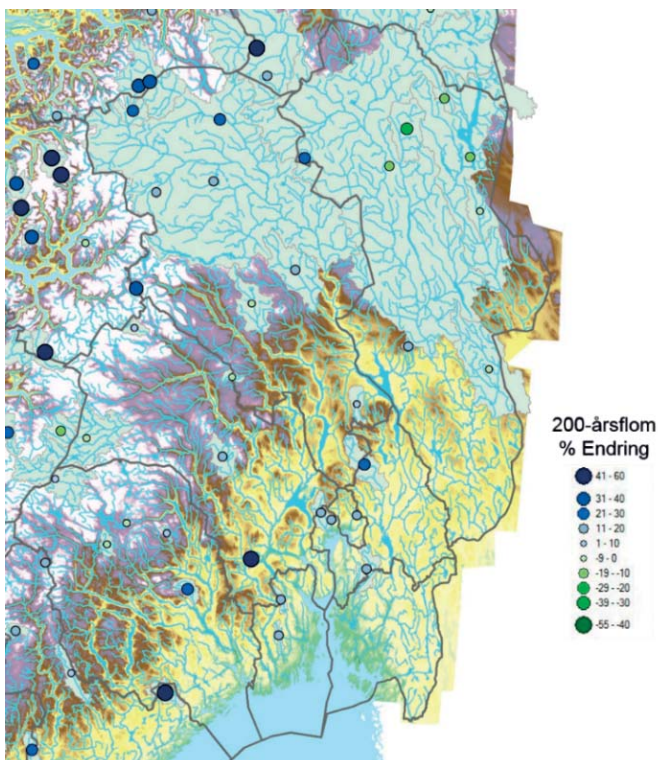
Flere av elvene i Oppland renner inn i andre fylker for eksempel: til Drammensvassdraget i Buskerud; til Glomma i Hedmark; til Driva og Rauma i Møre og Romsdal, og også til elver i Sogn og Fjordane og vassdragene i Osломarka.

Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at vannføringen i Oppland i perioden 1985-2014 var noe større enn perioden 1971-2000. Det har vært en økning i alle årstider, mest om høsten og vinteren, minst om sommeren.

Fremtidige endringer

I Oppland forventes gjennomsnittlig årlig vannføring å øke noe, fordi nedbøren øker. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmeltning og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Om vinteren forventes stor økning



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-årsflom fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

i vannføring fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i stedet for snø. Om våren forventes økt vannføring i fjellet, men redusert vannføring i lavlandet fordi snøen i fjellet smelter tidligere og snøsmeltingen til dels er ferdig i lavlandet. Om sommeren forventes redusert vannføring fordi snøsmeltingen er ferdig i fjellet, og det fordampes mer. Om høsten forventes økt vannføring fordi nedbøren øker og mer nedbør kommer som regn i stedet for snø.

Klimaendringer i form av mer nedbør og mer intense nedbørepisoder, høyere temperatur og større andel med nedbør som regn forventes å endre flomregimet i Oppland:

- Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene i alle elver vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret.
- Nedbøren forventes å øke og en stadig større andel vil komme som regn. I uregulerte vassdrag som i dag kan få store regnflommer, forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføring.
- I mindre, bratte vassdrag (elver og bekker) som reagerer raskt på kraftig regn, og i tettbygde strøk vil mer intens lokal nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man også forvente minst 20 % økning i flomvannføringene, og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier.

Bortsett fra i store elver som domineres av snøsmelteflommer i dagens klima, anbefales minst 20 % klimapåslag.

Flomfarekart i Oppland

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Gudbrandsdalslågen (inkludert Vorma og Otta), Dokka/Etna og Vigga. Her er de gruppert etter anbefalt klimapåslag frem mot 2100:

- 20 % klimapåslag for områdene dekket av

flomfarekart i Gudbrandsdalslågen ved Otta tettsted, Selsmyrene, Vågåmo og i Vigga ved Brandbu og Gran

- Ikke behov for klimapåslag for områder dekket av flomfarekart i Gudbrandsdalslågen ved Mjøsa/Lillehammer, Mjøsa/Gjøvik og Losna-Frya; Etna/Dokka ved Dokka sentrum og Høljerast-Bruflat; og Neselva ved Fagernes

Dersom flomfarekart (flomsonekart) ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På store, flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Selv om sommernedbøren i Oppland forventes å øke noe, vil snøsmeltingen foregå tidligere, og fordampningen øke både om våren og sommeren. Dermed er det sannsynlig at man kan få noe lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, og lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for skogbrann mot slutten av århundret, og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning og utfordringer for settefiskanlegg.

2.3 Isgang

Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisinganger. Vinterisinganger med skader er ikke uvanlig i regionen, for eksempel i Otta og Hunnselva. Ved mildvær og store nedbørhendelser som regn går det i dag vinterisinganger i lavlandet. Utover i dette århundret ventes vinterisinganger å skje hyppigere og høyere opp i vassdrag enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidligere har vært vanlig.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/flom og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging, er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er derfor best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart finnes for delområder i Nord-Aurdal kommune. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For skred i bratt terreng finnes det for enkelte kommuner også lokale faresonekart som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og

byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

3.1 Kvikkleireskred

Det er kun små områder lengst sør i Oppland hvor det kan være kvikkleire, men det er per dags dato ingen kjente utfordringer knyttet til disse.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred påvirkes av frost- og rotsprengning, og utløses ofte av økt vanntrykk i sprekk-systemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekk-systemer og andre geologiske forhold. Selv om oppvarming og tining av permafrosten kan være en medvirkende faktor for utløsning av enkelte store fjellskred, er det foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen fører til økt hyppighet av eller størrelse på store fjellskred.

3.4 Snøskred (løssnøskred, flakskred)

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare. Det er likevel ikke grunn til å tro at det vil bli økt hyppighet eller størrelse på de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord-, flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold

og kan gå i slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

4. Overvann

Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [13].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelpen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - regjeringen.no
- [4] Byggeteknisk forskrift (TEK 10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014).
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal
- [9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVEs veileder 8-2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innenoversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Oslo og Akershus

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Januar 2017
Oppdatert juli 2017



Flom i Akerselva v/ Mathallen, juni 2013. Foto: Jonas Fabritius Christoffersen, TV2

KLIMAPROFIL OSLO OG AKERSHUS

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Oslo og Akershus. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenarioet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.



På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil for Oslo og Akershus særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør (kap. 1.2) og økte problemer med overvann (kap. 2.1); havnivåstigning og stormflo (kap. 4); endringer i flomforhold og flomstørrelser (kap. 2); og skred, spesielt kvikkleireskred (kap. 3.1).



ØKT SANNSYNLIGHET

 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen
 Jord- og flomskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke



MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

 Tørke	Det forventes små endringer i sommernedbør, og høyere temperaturer og økt fordampning kan derfor gi økt fare for tørke om sommeren
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET

 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
 Isgang	Kortere isleggingssesong. Ennå vinterisganger i innlandet, men mindre ismengder. Elvene ved kysten vil ha lite is

USIKKERT

 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsakelig for mindre steinspranghendelser

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Oslo og Akershus fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

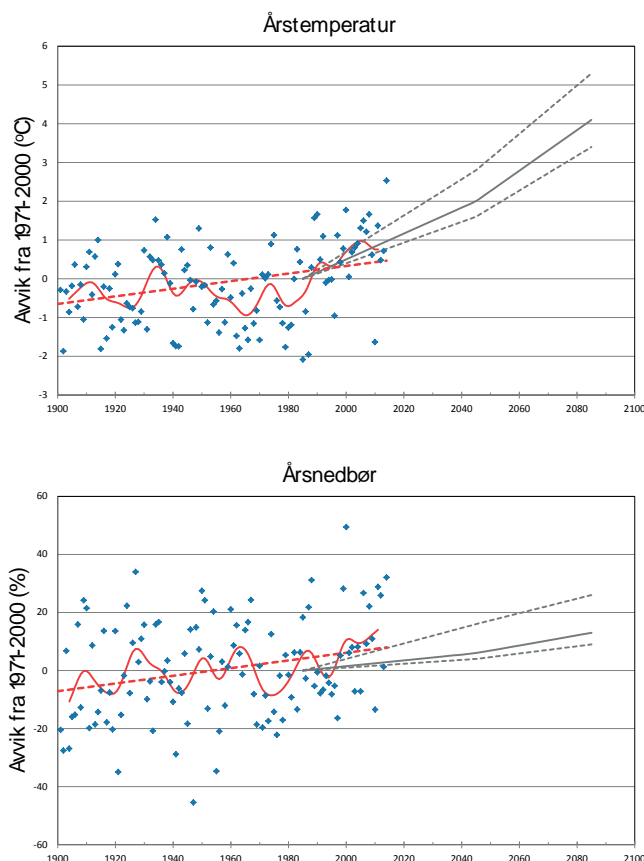
1. Klimaet og klimaendringer i Oslo og Akershus

Nær Oslofjorden er det relativt milde vintre, mens det er kjøligere i lavtliggende indre deler av området. Sommerstid er det relativt høye temperaturer i hele regionen. Området nær Oslofjorden har således landets høyeste antall dager i året med middeltemperatur over 20 °C. Årsnedbøren varierer fra rundt 700 mm nær Oslofjorden og i østlige deler av Akershus, til over 1000 mm i høytliggende områder i Nordmarka og Romeriksåsene. For kortvarige, intense nedbørepisoder har området nær Oslofjorden landets høyeste dimensjonerende nedbørverdier. Det ventes ikke at det storstilte klimamønsteret endres vesentlig, men nivået for de fleste klimaelementene vil endres. Det beregnes at årstemperaturen i Oslo og Akershus øker med ca. 4 °C, og årsnedbøren øker med ca. 15 % i løpet av århundret sammenliknet med perioden 1971-2000. Dager med mye nedbør kommer hyppigere, og med økt nedbørintensitet. Temperaturen beregnes å øke mest vinter og vår, og minst om sommeren. For vind viser beregningene små endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Oslo og Akershus er beregnet å øke med 4,0 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinter og vår, ca. 4,5 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 3,5 °C. Vekstsesongen vil øke med ca. 2 måneder, og mest nær Oslofjorden. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Akershus. Med marginale forskjeller gjelder denne informasjonen også Oslo. Blå prikker viser observerte avvik forfor enkeltår i perioden 1900-2014, stiplet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye utslipp.

på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Oslo og Akershus er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur og nedbør:

- Ås 5,7 °C / 795 mm
- Gardermoen 4,3°C / 825 mm
- Eidsvoll 4,3 °C / 785 mm
- Hakadal 4,3 °C / 1020 mm
- Oslo-Blindern 6,2 °C / 755 mm
- Tryvasshøgda 3,9 °C / 1180 mm
- Fornebu 6,3 °C / 710 mm
- Asker 5,6 °C / 940 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Oslo og Akershus er beregnet å øke med 15 %. Sesongmessig fordeler dette seg slik: Vinter: 30 %, Vår: 25 %, Sommer: 5 % og Høst: 10 %. Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørmengden for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 20 %. Størst økning i intensitet (30 %) er forventet i vintermånedene. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døgnnedbør. Inntil videre foreslås det et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med kortere varighet enn 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø, med opptil 2-4 måneder kortere snøsesong. Reduksjonen blir størst i lavereliggende strøk nær kysten der dagens vintertemperatur ligger rundt 0 °C. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens økt nedbør vil føre til at regnflommene i lavlandet blir større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og i små bratte vassdrag som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. anbefalt klimapåslag på flomvannføring frem mot 2100 er minst 20 % for Oslo og Akershus, med unntak av hovedløpet i Glomma, der klimapåslaget er 0 %. Det skal tas hensyn til flomfare i et endret klima ifølge TEK10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

Flomforholdene i Oslo og Akershus har ulike karakterer avhengig av elvenes størrelse og beliggenhet. Norges lengste elv, Glomma, som renner gjennom Akershus, har sitt utspring i høyfjellet, og er derfor dominert av snøsmelteflommer om våren. Den nest største flommen er ofte en regnflom om høsten. Dersom det også kommer regn under snøsmeltingen vil flommene bli spesielt store, som i Glomma i 1995 og under Storofsen i 1789. I mindre, lavereliggende vassdrag og elver med utspring nær eller i Oslo og Akershus, er de største flommene forårsaket av kraftig nedbør om sommeren og høsten. Det er ikke uvanlig med lav vannføring i de mindre elvene, samtidig som det er vårfloam i Glomma. En tredje type flomregime finner vi i vassdrag med høyereliggende skogsområder (400-600 m o.h.). Disse vassdragene har både snøsmelteflommer om våren og regnflommer om sommeren og høsten. I Oslo og tettstedene i Akershus forekommer relativt ofte også såkalte urbanflommer. Disse skyldes mye regn på kort tid som gir stor avrenning på tette flater (overvann) uten at det nødvendigvis blir flom i bekker og elver (Se også kapittel 2.2. om overvann).

Oslo og Akershus er de tettest befolkede fylkene i Norge. Samtidig finnes relativt store jordbruksområder. Flomskadene kan bli store både på bebyggelse, infrastruktur og jordbruksområder. Oversvømmelser skaper i tillegg problemer for fremkommelighet på vegnettet. Et eksempel på flom og oversvømmelse skjedde i Leira ved Leirsund i september 2015. Flere veier ble oversvømt, og boliger ble evakuert.

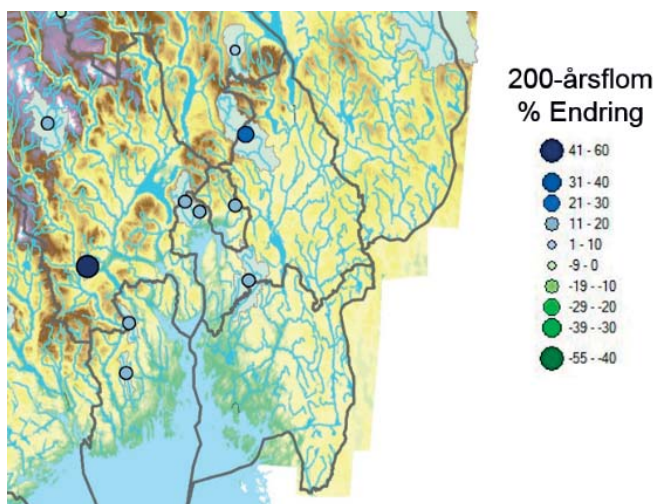
Skadepotensialet er spesielt stort når elver og bekker går gjennom tettsteder og byggefelt. Flere byggefelt i Akershus er anlagt på elvevifter som er dannet der elva har lagt igjen sedimenter, f.eks. i Sandvika, Lillestrøm og Fetsund. Elver og bekker i tettbebygde strøk er ofte påvirket av en rekke inngrep som kan forsterke faren for oversvømmelser og at vannet tar nye veier. Sideelver som bryter ut av sitt normale løp kan være en viktig skadeårsak. Mindre elver og bekker i bratt terreng, som responderer raskt på nedbør, er dessuten svært utsatt for erosjon, massetransport og masseavlagring, som igjen kan føre til økte skader.

Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at årsvannføringen i Oslo og Akershus i perioden 1985-2014 var noe større enn i perioden 1971-2000. Det har vært en økning i alle årstider, mest om høsten og vinteren, minst om sommeren.

Fremtidige endringer

I vassdragene i Oslo og Akershus forventes gjennomsnittlig årlig vannføring å øke noe, fordi nedbøren øker. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store. Om vinteren forventes stor økning i vannføring fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i stedet for snø. Vårflommen i Glomma vil komme stadig tidligere, mens lavlandsvassdragene vil få redusert vannføring om våren når det ikke lenger fins snø som kan smelte. Om sommeren forventes redusert vannføring fordi det ventes små endringer i nedbør, samtidig som fordampningen vil øke på grunn av høyere temperatur. Selv om det forventes økt nedbør om høsten, vil også fordampningen øke i denne sesongen og endringer i vannføringen vil antakelig bli små.



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

Beregningene viser at også de store flommene vil endre seg (figur 2). For Oslo og Akershus forventes klimaendringer i form av mer intense nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn å føre til følgende endringer i flomregimet:

- Det forventes ikke større flommer i store elver (Glomma og Vorma) som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. For disse elvene vil snøsmelteflommene komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret.
- Nedbøren forventes å øke og en stadig større andel vil komme som regn. I uregulerte, vassdrag som i dag kan få store regnflommer, forventes det en økning i flomstørrelsen. Dette dekker også større vassdrag nær kysten i Oslo og Akershus hvor størstedelen av nedbørfeltet ligger i lavereliggende områder. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen.
- I mindre elver og bekker som reagerer raskt på kraftig regn, og i tettbygde strøk med tette flater vil mer intens lokal nedbør skape særlige problemer. Man må forvente minst 20 % økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver og bekker kan finne nye flomveier.

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring frem mot 2100 er minst 20 % for Oslo og Akershus, med unntak av hovedløpet i Glomma og Vorma, der klimapåslaget er 0 %.

Flomfarekart i Oslo og Akershus

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Oslo og Akershus. De er tilgjengelige digitalt på NVEs kartkatalog. Anbefalt klimapåslag i parentes.

- Årovassdraget: Flomsonekart Skitthegga (40 %) (Under utarbeidelse).
- Ellingsrudelva: Flomsonekart Ellingsrud (20 %).
- Sørkedalselva: Flomsonekart Sørkedalen (20 %).
- Sandvikselva: Flomsonekart Bærums verk. Flomsonekart Sandvika og Vøyenenga (20 %).
- Sagelva: Flomsonekart Fjellhamar (20 %).
- Nitelva: Flomsonekart Nittedal (20 %) (Under utarbeidelse).

- Glomma, sideelver: Flomsonekart Glomma, Øyeren, Nitelva, Leira og Vorma som gjelder for Leirsund og Frogner (20 %).
- Glomma, i hovedløpet: Flomsonekart Glomma, Øyeren, Nitelva, Leira og Vorma som gjelder for Lillestrøm, Fetsund, Sørumsand og Årnes (0 %), Flomsonekart Eidsvoll (0 %).

Enkelte kommuner har også fått laget flomfarekart i egen regi. Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Overvann

De største skadene på bebyggelse og infrastruktur i Oslo og Akershus oppstår gjerne i forbindelse med kraftig kortvarig nedbør som gir store mengder overvann og urbanflommer. Tette flater som asfalterte veier og parkeringsplasser gir raskere avrenning enn naturlige flater, og fører til økt flomfare i bekker og vassdrag dersom vannet ledes for raskt ut i vassdragene. Det har vært mange hendelser med skader i Oslo og Akershus de siste 15 årene. Det nyeste eksempelet på kraftig styrtregn som forårsaket store overvannsskader på infrastruktur og boliger i Oslo, Bærum og Asker skjedde 6. august 2016. 80 mm nedbør ble observert på Bygdøy på 20 timer, hvorav 33 mm falt innenfor en time. Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør, anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [8].

2.3 Tørke

Selv om det forventes en liten økning i sommernedbør i Oslo og Akershus, vil snøsmeltingen foregå tidligere og fordampningen øke både om våren og sommeren. Dermed er det sannsynlig at man kan få lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for skogbrann mot slutten av århundret og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning og utfordringer med vannforsyning.

2.4 Isgang

Isen i elvene i Oslo og Akershus smelter stort sett vekk på stedet. Det er få isganger av betydning, hovedsakelig vinterisganger, og generelt er det lite skader. Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is. Vinterisganger vil ennå skje i elver i innlandet, men ismengdene vil være mindre enn i dag. Elvene ved kysten vil ha lite is.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/flom og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging, er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [9]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [10], samt NVEs veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [11], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider. For kvikkleireskredfare brukes marin grense som det groveste aktsomhetskartet. NGU har også kart som viser marin grense og mulighet for marin leire.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Faresonekart for skred i bratt terreng er ikke utarbeidet av NVE for kommuner i Oslo og Akershus. For enkelte kommuner finnes det også lokale faresonekart for skred i bratt terreng som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet. Faresonekart for kvikkleire er utarbeidet av NVE for kommunene Oslo, Eidsvoll, Enebakk, Fet, Gjerdrum, Nannestad, Nes, Nittedal, Sørums, Skedsmo og Ullensaker. Noen kommuner har også utarbeidet egne faresonekart for kvikkleire. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [12], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred.

3.1 Kvikkleireskred

I Oslo og Akershus er det mange områder med marine avsetninger med mulig fare for kvikkleireskred. De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men påvirkes også av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje

skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred påvirkes av frost- og rotsprengning, og utløses ofte av økt vanntrykk i sprekk-systemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekk-systemer og andre geologiske forhold. I Oslo kan faren for fjellskred utelukkes, og i Akershus er fjellskred svært lite sannsynlig.

3.4 Snøskred [løssnøskred, flakskred]

Etter 1900 har alle fylker i Norge bortsett fra Oslo, Akershus og Østfold hatt snøskred med omkomne. Snøskredfaren vurderes svært liten for Oslo og Akershus fylker.

3.5 Jord- og flomskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord- og flomskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klima-utviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [13].

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land, enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder hvor en i dag ikke har registrert skader. I veilederen «Havnivåstigning og stormflo» [14] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag

KLIMAPROFIL OSLO OG AKERSHUS

for Oslo og alle kystkommuner i Akershus. I beregningene er det tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke 48-51 cm for Akershus (avhengig av kommune) og

47 cm for Oslo som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstuvning. I rapporten er det gitt eksempler på hvordan tallene skal brukes i planlegging.

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

[1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven

[2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no

[3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - regjeringen.no

[4] Byggeteknisk forskrift (TEK 10)

[5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016

[6] NVE (2014) Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)

[7] NVE (2015) Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015

[8] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

[9] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal

[10] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVEs veileder 8-2014

[11] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVEs veileder 7-2014

[12] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE rapport 14-2011

[13] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019

[14] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging

Klimaprofil

Rogaland

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Januar 2017
Oppdatert juli 2017



Flom i Egersund i forbindelse med ekstremværet «Synne», desember 2015. Foto: Sem Hadland/Eigersund kommune

KLIMAPROFIL ROGALAND

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Rogaland. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel for beslutningstakere og planleggere i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer med høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenarioet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.

På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil i Rogaland særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.

ØKT SANNSYNLIGHET

 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke

JENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET


 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
--	---

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Rogaland fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

 Tørke	Det forventes små endringer i sommernedbør, og høyere temperatur og økt fordampning kan derfor gi økt fare for tørke
 Isgang	Kortere isleggingsesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene. Nesten isfrie elver nær kysten
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på snødekket underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred

USIKKERT

 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsakelig for mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

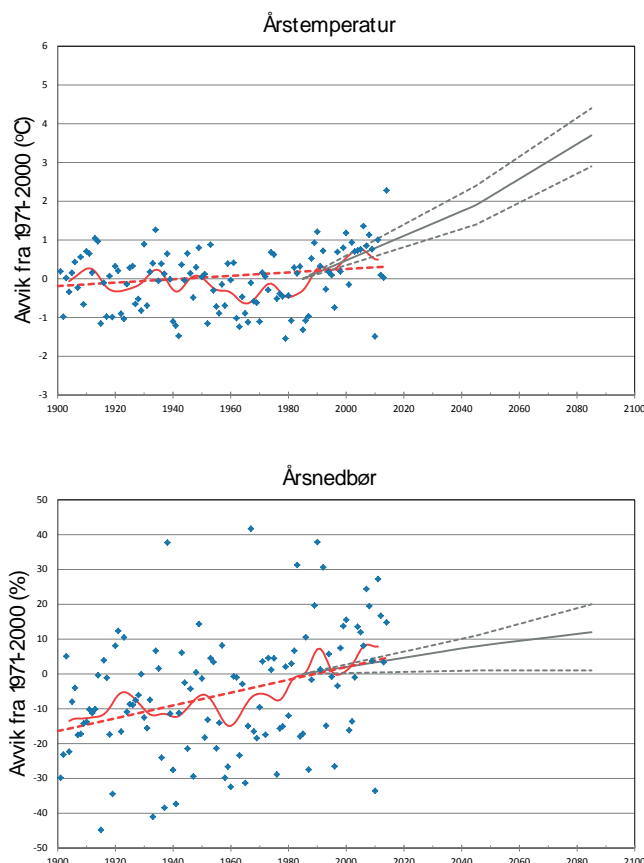
1. Klimaet og klimaendringer i Rogaland

Rogaland har maritimt klima, men med store kontraster fra kyst til indre strøk. Mildt og fuktig klima preger kystnære områder, mens de indre høyereliggende områder har et kjøligere klima. Ved kysten er årsnedbøren ca. 1200 mm, mens enkelte områder i midtre strøk har årsnedbør på over 3000 mm. Det forventes ikke at dette mønsteret endres vesentlig. Det beregnes at årstemperaturen i Rogaland fra 1971-2000 til 2071-2100 vil øke med ca. 3,5 °C, med størst økning om vinteren, og minst om sommeren. Årsnedbøren vil øke med ca. 10 %. Dager med mye nedbør vil komme litt hyppigere og med økt nedbørintensitet. For vind viser beregningene små endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Rogaland er beregnet å øke med ca. 3,5 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinteren, ca. 4,0 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 3,5 °C. Vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder, og mest i ytre kyststrøk. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971–2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Rogaland er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur/nedbør for perioden 1971–2000:



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Rogaland. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplede rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye utslipp.

- Egersund 7,4 °C / 1540 mm
- Ålgård 6,9 °C / 1560 mm
- Stavanger 7,8 °C / 1290 mm
- Jørpeland 7,7 °C / 1655 mm
- Sauda 6,6 °C / 2285 mm
- Haugesund 7,2 °C / 1310 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Rogaland er beregnet å øke med ca. 10 %. Sesongmessig fordeler dette seg slik:

- Vinter: 20 %
- Vår: 10 %
- Sommer: 5 %
- Høst: 10 %

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørintensiteten for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 15 %. Minst økning i intensitet (5 %) er forventet i vårmånedene. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døgnnedbør. Inntil videre foreslås det et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med kortere varighet enn 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø i lavereliggende områder, men det vil fortsatt være enkelte år med betydelig snøfall selv i lavlandsområder. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

Høyereliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens mer nedbør som regn vil føre til at regnflommene blir større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og i små bratte vassdrag som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er minst 20 % for alle nedbørfelt i Rogaland. Det skal tas hensyn til flomfare i et endret klima ifølge TEK10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

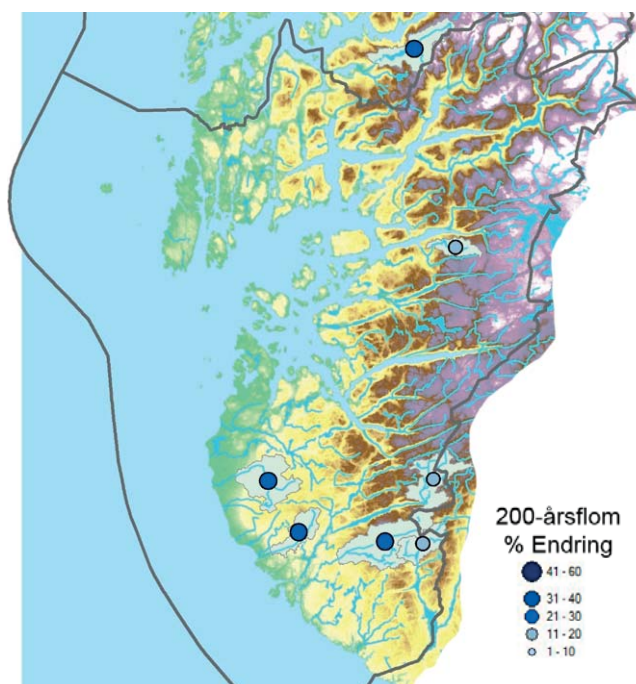
I Rogaland kan det bli relativt store flomskader både på bebyggelse og jordbruksområder. Dessuten skaper flom ofte problemer for fremkommelighet på vegnettet.

Det er i hovedsak tre kategorier vassdrag i Rogaland. Høyereliggende bratte vassdrag i Ryfylke slik som Suldalslågen, Ulla-Førre og Årdalselva. På Jæren er det lavereliggende kystnære vassdrag slik som Håelva. Den siste kategorien er vassdrag i Dalane med både høyere- og lavereliggende områder. Eksempel på dette er Bjerkreimvassdraget som er Rogalands største vassdrag. I Rogaland er det vanlig at årets største flom inntreffer i perioden fra september til desember. Elver nær kysten i sør kan i tillegg få store flommer i januar. Eksempler på store historiske flommer er storflommen i november i 1898 som rammet Aust-Agder og Ryfylke, storflommen på Jæren og i Ryfylke i januar 1992 og flommen i desember 2005 som rammet Rogaland (store skader i Jørpeland) og Hordaland.

Av nyere dato er flommen i desember 2015, som rammet Rogaland og Agder (ekstremværet «Synne»). Denne flommen skyldtes kraftig nedbør over en tredagersperiode, og noe snøsmelting. Flommen førte til at en rekke veier ble stengt, bl.a. E39 Stavanger-Kristiansand. Jernbanen ble også stengt ved Tengs utenfor Egersund, fordi jernbanebrua over Bjerkreimselva ble skadet av flomvannet. I Egersund ble over 100 innbyggere evakuert. Ved målestasjonen i Bjerkreimselva ble det observert den høyeste vannføringen siden målingene startet på 1890-tallet.

Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at årsvannføringen i Rogaland i perioden 1985-2014 var omtrent uendret i forhold til perioden 1971-2000. Det har vært noe økning om våren, mens det har vært noe reduksjon om høsten. Om vinteren og sommeren har vannføringen vært omtrent uendret.



Figur 2. Forventet prosentvis endring i medianverdien for 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 (fra [5]).

Fremtidige endringer

I Rogaland forventes gjennomsnittlig årlig vannføring å øke noe, fordi nedbøren øker. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Om vinteren forventes økt vannføring fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i stedet for snø. Om våren forventes økt vannføring i fjellet, men redusert vannføring i lavlandet fordi snøen i fjellet smelter tidligere og snøsmeltingen til dels er ferdig i lavlandet. Om sommeren forventes redusert vannføring fordi snøsmeltingen er ferdig i fjellet, nedbøren endres lite og det fordampes mer. Om høsten forventes noe økt vannføring fordi nedbøren øker og mer nedbør faller som regn i stedet for snø.

Beregningene viser at også de ekstreme vannføringene vil endre seg (figur 2). Klimaendringer i form av mer intense nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn i stedet for snø forventes å endre flomregimet i Rogaland frem mot 2100:

- Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene vil komme stadig

tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret. Slike vassdrag er det minimalt av i Rogaland.

- Nedbøren forventes å øke. I kystnære elver hvor årets største flom i dag er en regnflom forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen (se anbefaling nedenfor).
- I mindre, bratte vassdrag (elver og bekker) som reagerer raskt på nedbør, og i tettbygde strøk med tette flater vil mer intens nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man forvente minst 20 % økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier.

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er minst 20 % for alle nedbørfelt i Rogaland.

Flomfarekart i Rogaland

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Rogaland. De er tilgjengelig digitalt på NVEs kartkatalog. Anbefalt klimapåslag i parentes.

- Bjerkreimsvassdraget:
 - Flomsonekart Vikeså (20 %)
 - Flomsonekart Egersund (20 %)
- Figgjoelva: Flomsonekart Ålgård (20 %)
- Moisåni: Flomsonekart Moi (20 %)
- Ognaåni: Flomsonekart Ogna (20 %)
- Oltedalselva: Flomsonekart Oltedal (20 %)
- Sokna: Flomsonekart Hauge (20 %)
- Saudavassdraget: Flomsonekart Sauda (20 %)
- Årdalselva, Flomsonekart Årdal (20 %)

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små

vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Selv om sommernedbøren i Rogaland forventes å øke litt, vil også fordampningen øke. Dette øker sannsynligheten for at det sommerstid kan bli lengre perioder med liten vannføring i elvene, lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Samtidig medfører dette noe økt sannsynlighet for tørke og skogbrannfare, og muligens et økt behov for jordbruksvanning og utfordringer for settefiskanlegg.

2.3 Isgang

Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisganger. På grunn av omfattende reguleringer av vassdragene i regionen er det i dag sjeldent skader på grunn av isganger. Likevel går det, ved mildvær og store nedbørhendelser som regn, vinterisganger i en sone litt inn fra kysten. Denne sonen vil gradvis flyttes lenger inn i landet og til større høyder over havet. Utover i dette århundret ventes vinterisganger å skje hyppigere og høyere opp i vassdrag enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidligere har vært vanlig. Elver nær kysten blir nesten isfrie.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/flom og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8/2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred»

[10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin i tillegg til kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart er ikke utarbeidet av NVE for områder i Rogaland. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For skred i bratt terreng finnes det for enkelte kommuner i Rogaland også lokale faresonekart som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Skredfarekart er utarbeidet av NGI for seks kommuner i Rogaland: Forsand, Gjesdal, Tysvær, Vindafjord, Sauda og Suldal. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

3.1 Kvikkleireskred

I Rogaland ligger marin grense relativt lavt slik at det ikke er store arealer hvor det kan finnes kvikkleire. Små lommer av kvikkleire kan forekomme langs kysten. De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men påvirkes også av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering

av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Det er ikke utarbeidet kvikkleirekart for Rogaland, men det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen. Kvikkleireskred i bebygde områder kan medføre store økonomiske konsekvenser, samt fare for liv og helse.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred påvirkes av frost- og rotsprengning, og utløses ofte av økt vanntrykk i sprekkssystemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekkssystemer og andre geologiske forhold. Det er foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen vil føre til økt hyppighet av eller størrelse på store fjellskred i Rogaland.

3.4 Snøskred [løssnøskred, flakskred]

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare, men ikke på de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord-, flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land, enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder hvor en i dag ikke har registrert skader. Enkelte naturtyper i Rogaland kan også bli mer utsatt; - f.eks. kan sanddynemarkforekomster i Jærstrendenes landskapsvernområde bli påvirket av økt erosjon.

I veilederen «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for alle kystkommuner i Rogaland. I beregningene er det tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke fra 62-81 cm (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstuvning. I rapporten er det gitt eksempler på hvordan tallene skal brukes i planlegging.

5. Overvann

De største skadene på bebyggelse og infrastruktur i Rogaland oppstår gjerne i forbindelse med kraftig kortvarig nedbør som gir store mengder overvann og urbanflommer. Tette flater som asfalterte veier og parkeringsplasser gir raskere avrenning enn naturlige flater, og fører til økt flomfare i bekker og vassdrag dersom vannet ledes for raskt ut i vassdragene. Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - <https://klimaservicesenter.no>
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - <https://www.regjeringen.no>
- [4] Byggeteknisk forskrift (TEK10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016.
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel
Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal
- [9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi, NVE Rapport 14-2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Sogn og Fjordane

Eit kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing

April 2016
Oppdatert juli 2017



Flaumen i oktober 2014 i Flåmselva i Aurland kommune. Foto: Svein Arne Vågane, NVE

KLIMAPROFIL SOGN OG FJORDANE

Klimaprofilen gjev eit kortfatta samandrag av klimaet, venta klimaendringar og klimautfordringar i Sogn og Fjordane. Han er meint som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordna planlegging, og som eit vedlegg til Klimahjelpere [1]. Klimaprofilen gjev oversikt over klimarelaterte problem og kvar ein kan få meir detaljert informasjon om desse. Mykje av innhaldet i klimaprofilen er henta frå «Klima i Norge 2100» [2], og har fokus på endringar fram mot slutten av hundreåret (2071-2100) i forhold til 1971-2000.



Dei menneskeskapte klimaendringane vil halde fram også etter 2100 dersom ikkje utsleppa vert vesentleg redusert. For å vere «føre var», seier Stortingsmeldinga om Klimatilpassing [3] at ein skal leggje til grunn høge alternativ frå nasjonale klimaframskrivingar når ein skal vurdere konsekvensar av klimaendringar. Klimaprofilen skildrar derfor venta klimaendringar med høge klimagassutslepp. Dette er i tråd med at dei globale klimagassutsleppa held fram med å auke som i dei siste tiåra. «Klima i Norge 2100» inkluderer også klimaframskrivingar basert på såkalla middels og låge utslepp. For same klimagassutslepp vil ulike klimamodellar gje ulike resultat. Klimaprofilen viser midlare verdi av ulike modellar. Uvisse og spreieing i resultat er utgreidd nærare i «Klima i Norge 2100» [2].

På klimaservicesenter.no er det gjeve utførlege data for midlare verdiar og spreieing for alle årstider og for ulike klimagassutslepp fram til perioden 2031-2060 så vel som for 2071-2100.




På klimatilpassing.no finn du rettleiing, erfaring og kunnskap om klimatilpassing.

Klimaendringane vil i Sogn og Fjordane særleg føre til behov for tilpassing med tanke på kraftig nedbør og auka problem med overvatn; havnivåstiging og stormflo; endringar i flaumforhold og flaumstorleikar; og skred.


SANNSYNLEG AUKE

 Kraftig nedbør	Det er venta vesentleg auke i episodar med kraftig nedbør både i intensitet og førekost. Dette vil også føre til meir overvatn
 Regnflaum	Det er venta fleire og større regnflaumar
 Jord-, flaum- og sørpeskred	Auka fare som følge av auka nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstiging er det venta auke i stormflonivå




MOGLEG SANNSYNLEG AUKE

 Tørke	Trass i meir nedbør, kan høgare temperaturar og auka fordamping auke faren for tørke om sommaren
 Isgang	Kortare isleggingssesong, hyppigare vinterganger samt isgangar høgare opp i vassdraga. Nesten isfrie elver nær kysten
 Snøskred	Med eit varmare og våtare klima vil snøgrensa bli høgare, og regn vil oftare falle på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred, og auke faren for våtsnøskred i skredutsette område

SANNSYNLEG UENDRA ELLER MINDRE

 Snøsmelteflaum	Snøsmelteflaumane vil kome stadig tidlegare på året og bli mindre mot slutten av hundreåret
---	---

USIKKER

 Sterk vind	Truleg lita endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigare episodar med kraftig nedbør vil kunne auke frekvensen av desse skredtypene
 Fjellskred	Det er ikkje venta at klimaendringane vil auke faren for fjellskred vesentleg

Tabell 1. Samandrag som viser venta endringar for Sogn og Fjordane frå 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarar som kan ha verknad for samfunnstryggleiken.

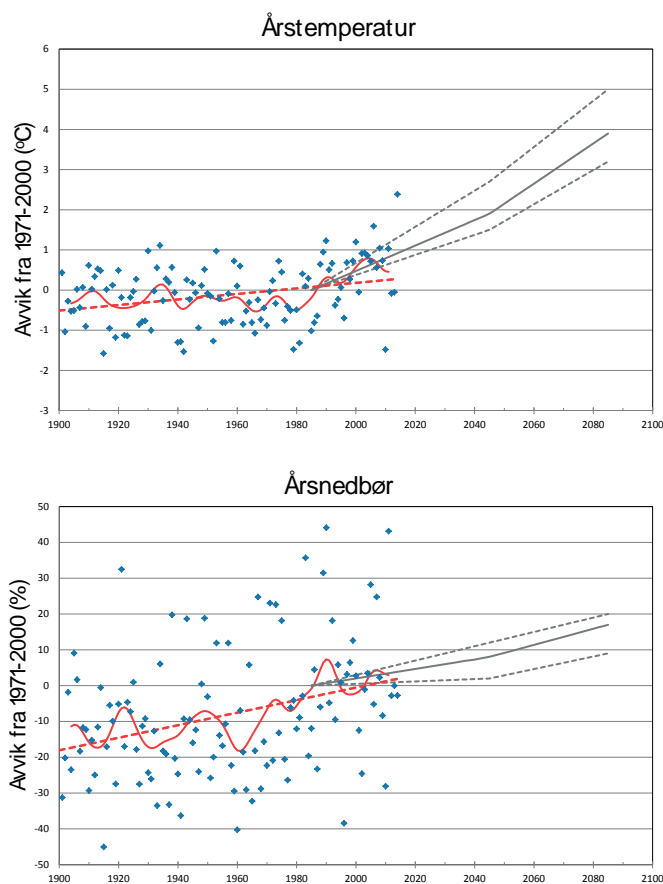
1. Klimaet og klimaendringar i Sogn og Fjordane

Det er store skilnader i klima mellom ulike delar av Sogn og Fjordane. Nær kysten er klimaet mildt og nedbørrikt, medan det i indre fjord- og dalstrokk er innlandsklima og liten årsnedbør. Vinterstid er middeltemperaturen kring 0 °C ved kysten, medan det er vesentleg lågare temperatur i høgfjellet og indre dalstrokk. Årsnedbøren varierer i dagens klima frå rundt 500 mm i indre dalstrokk, og til over 3500 mm i dei mest nedbørrike områda nær kysten. Områda nær Stad er blant dei mest vindutsette i landet. Fram mot år 2100 er det venta at årstemperaturen i fylket aukar med ca. 4 °C og at årsnedbøren aukar med ca. 15 % samanlikna med perioden 1971-2000. Temperaturen aukar mest om hausten og vinteren, og minst om sommaren. Dagar med mykje nedbør vil førekome oftare, og nedbørintensiteten vil auke. For vind syner berekningane ingen store endringar, men uvissa er stor. I teksten nedanfor er det for temperatur og nedbør gjeve både middelvendi og (i parentes) verdiar for låg og høg modellberekning.

1.1 Temperatur

Middeltemperaturen for året er for Sogn og Fjordane berekna å auke med ca. 4,0 °C (låg: 3,0 °C, høg 5,0 °C). Det er tilnærma lik auke for haust, vinter og vår (4,0 °C (låg: 3,5 °C, høg: 5,0 °C)) og minst for sommaren (3,5 °C (låg: 2,5 °C, høg 5,0 °C)). Vekstsesonen er venta å auke med 2-3 månader over store delar av fylket, og mest i ytre kyststrokk. Vinterstid vil dagar med særst låge temperaturar verta sjeldnare, medan det om sommaren vil førekoma fleire dagar med middeltemperatur over 20°C, og då særleg i dei midtre og indre fjord- og dalstroka. Endringane i temperatur vil i seg sjølve neppe få store konsekvensar for den kommunale planlegginga, men dei kan gje effektar i kombinasjon med endringar i andre klimaelement, som til dømes nedbør.

Figur 1 syner avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) frå middelvendi for perioden 1971-2000.



Figur 1. Historiske og berekna framtidige avvik frå middelvendi (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Sogn og Fjordane. Blå prikkar viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014. Stipla raud strek er observerte trend, medan raud strek viser glatta 10-årsvariasjonar. Heiltrukken grå strek og stipla grå strekar viser høvesvis midlare verdi, låg og høg modellberekning for høge klimagassutslepp.

Dersom ein kjenner desse middelvendi for ein stad, kan figuren nyttast til å gje ein indikasjon på :

- kor høge og låge årsverdiar for temperatur og nedbør har vore i perioden 1900-2014.
- kva for verdiar ein kan vente mot slutten av dette hundreåret.

For ein skilde stadar i Sogn og Fjordane er desse middelvendi for temperatur og nedbør:

- Lærdal 6,2 °C / 510 mm
- Øvre Årdal 5,0 °C / 720 mm
- Sogndal 6,6 °C / 1070 mm
- Førde 6,4 °C / 2450 mm
- Florø 7,4 °C / 2100 mm
- Måløy 7,0 °C / 2500 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Sogn og Fjordane er berekna å auke med ca. 15 % (låg: +5 %, høg: +20 %).

Nedbørendringa for dei fire årstidene er berekna til:

- Vinter: +10 % (låg: -5 %, høg: +25 %)
- Vår: +10 % (låg: 0 %, høg: +15 %)
- Sommar: +15 % (låg: +5 %, høg: +25 %)
- Haust: +15 % (låg: +5 %, høg: +35 %)

Nedbørauken i millimeter vert størst for dei nedbørrike områda nær kysten. Det er venta at episodar med kraftig nedbør aukar vesentleg både i intensitet og frekvens; noko som vil stille større krav til handtering av overvatn i utbygde strok i framtida. Nedbørmengda for døgn med kraftig nedbør er venta å auke med ca. 15 %. Intensiteten i kortvarige regnskyll er venta å auke meir enn for eitt døgn. Inntil vidare tilrår ein eit klimapåslag på minst 40 % på regnskyll som varer under 3 timar.

1.3 Vind

Klimamodellane gjev lita eller inga endring i midlare vindforhold i dette hundreåret, men det er stor uvisse i framskrivingane for vind. Det viktige for kommunar er at kunnskap om lokale vindforhold vert teke med i planlegginga.

1.4 Snø

Det er venta vesentleg reduksjon i snømengdene og i talet på dagar med snø i lågareliggande område nær kysten der dagens vintertemperatur ligg kring 0 °C. I desse kystområda kan det bli lite eller ingen snø i mange år, sjølv om det einskilde år framleis vil vere vesentlege snøfall sjølv i låglandsområda. Det vil bli fleire smelteepisodar om vinteren som følgje av auka temperatur.

Høgareliggande fjellområde kan få aukande snømengder fram mot midten av hundreåret. Etter det ventar ein at auken i temperatur vil føre til mindre snømengder også i desse områda mot slutten av hundreåret, bortsett frå i einskilde høgfjellsområde.

2. Effekt på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gje gradvis mindre snøsmelteflaumar, medan regnflaumane er venta å bli større. Auka frekvens av lokal, intens nedbør gjev ei sannsynleg auke for flaum i tettbygde strok og små, bratte vassdrag. Ein må vere spesielt merksam på at mindre bekkar og elver kan finne nye flaumvegar. Anbefalt klimapåslag på flaumvassføring er 20 % eller 40 % for alle nedbørfelt i Sogn og Fjordane, avhengig av plassering og flaumsesong. Flaumfare i eit endra klima skal det takast omsyn til jf. TEK10 [4].

2.1 Flaum og vassføring

Dagens forhold

Sogn og Fjordane er kjenneteikna av relativt små og bratte nedbørfelt. Det største nedbørfeltet er Lærdalsvassdraget (>1000 km²). Dette er regulert, noko som ofte reduserer vassføringa i flaumsituasjonar, men skadeflaumar kan likevel førekome. Vassdraget har utspring frå vasskiljet i høgfjellet mot Austlandet. Det er derfor atypisk for dei fleste nedbørfelt i fylket som er små og bratte. På grunn av snøsmelting er vårflaumar oftast årets største flaum i dei store vassdraga i fylket (f.eks. Lærdal, Årdal, Aurland, Gaular, Loelva). Store haustflaumar er også svært vanlege og førekjem hyppigast i september og oktober. Dei skuldast oftast kraftig nedbør (regn), enkelte gongar kombinert med snøsmelting.

Sogn og Fjordane er det nest minste fylket i folketal, og med spreidd busetnad. Likevel kan flaumskadane i folkesette område bli store både på busetnad, infrastruktur og jordbruksområde. I tillegg til sjølve overfløyminga, er det ofte erosjon og utgravingar som gjer stor skade. Av nyare dato er regnflaumen i oktober 2014, som råka både indre/midtre Sogn og dels Sunnfjord, med etterfølgjande jord- og flaumskred, og store skadar på infrastruktur (vegar, bruer og bustader), elvar (erosjon og oppleiring) og evakuering av innbyggjarar. For Flåmselva var dette ein av dei fire største flaumane sidan 1915, målt ved Brekke bru. I Gaularvassdraget var det den største flaumen som er observert ved Viksvatn sidan målingar starta i 1903. Flaumen var eit resultat av

KLIMAPROFIL SOGN OG FJORDANE

kraftig nedbør over ein tredagersperiode, med totalt 200-300 mm nedbør.

Observerte endringar

Basert på utvalde målestasjonar er det rekna at vassføringa i Sogn og Fjordane i perioden 1985-2014 var litt større enn perioden 1971-2000. Størst auke har det vore om våren, og størst reduksjon om hausten. Om vinteren og sommaren har vassføringa vore nær uendra.

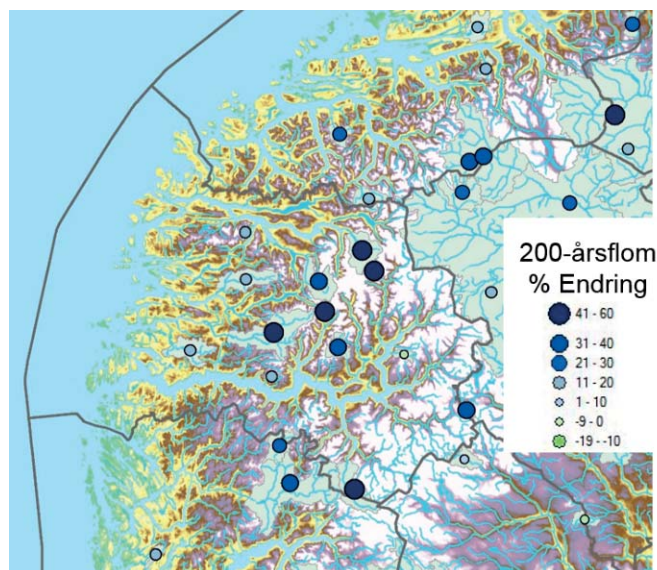
Framtidige endringar

I Sogn og Fjordane ventar ein noko auke i gjennomsnittleg årleg vassføring, medan dei største endringane er venta innanfor året for dei einskilde sesongane. Auka temperatur vil også påverke vassføringa gjennom året fordi den påverkar både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordamping.

- Om vinteren er det venta auka vassføring fordi nedbøren aukar med ca. 10 % og meir nedbør kjem som regn i staden for snø.
- Om våren er det venta auka vassføring i fjellet, men redusert vassføring i låglandet fordi snøen i fjellet smeltar tidlegare og snøsmeltinga til dels er ferdig i låglandet.
- Om sommaren er det venta auka nedbør, men det er likevel venta redusert vassføring fordi det fordampar meir, og fordi snøsmeltinga er ferdig i fjellet.
- Om hausten er det venta auka vassføring fordi nedbøren aukar og meir nedbør kjem som regn i staden for snø.

Berekningane viser at også dei ekstreme vassføringane vil endre seg (Figur 2). Klimaendringar i form av meir intense nedbørepisodar, høgare temperatur og meir nedbør som regn er venta å endre flaumregimet i Sogn og Fjordane:

- Snøsmelteflaumane vil kome stadig tidlegare på året og bli mindre mot slutten av hundreåret.
- Nedbøren er venta å auke. I uregulerte vassdrag som i dag har store regnflaumar og i kystnære elver der årets største flaum i dag er ein regnflaum, er det venta auka flaumstorleik. Ved gjennomføring av flaumberekningar og framstilling av flaumsonekart, bør ein rekne med 20 % eller 40 % auke i vassføringa



Figur 2. Forventa median prosentvis endring i 200-årsflaum frå 1971-2000 til 2071-2100 [5].

avhengig av plassering og flaumsesong.

- I små, bratte nedbørfelt som reagerer raskt på kraftig regn, og i tettbygde stork vil meir intens lokal nedbør skape særlege problem. I mindre bekkar og elver må ein også forvente minst 20 % auke i flaumvassføringa. Ein må vere spesielt merksam på at mindre elver kan finne nye flaumveggar. Urbanisering og fortetting kan bidra til auka problem med overvatn.

Anbefalt klimapåslag på flaumvassføring er 20% eller 40% for alle nedbørfelt, avhengig av plassering og flaumsesong.

Flaumfarekart i Sogn og Fjordane

Det er laga flaumfarekart (flaumsonekart) for strekningar i mange vassdrag. Karta finst tilgjengeleg digitalt på NVE sin kartkatalog. Her er dei grupperte etter tilrådd klimapåslag fram mot 2100:

- 40 % klimapåslag for dei områda som er dekte av flaumfarekart i Daleelva og Gaularvassdraget, og ved Stryn i Strynevassdraget.
- 20 % klimapåslag for dei områda som er dekte av flaumfarekart i Vikvassdraget, Lærdalselva, Årdalsvassdraget, Jostedøla (Gaupne, Myklemyr og Fossøy), Sogndalselvi, Jølstra (Førde og Nausta), Horndøla (Grodås) og Strynevassdraget (Hjelle).

Dersom det ikkje ligg føre flaumfarekart, gjeld tilrådingane i NVE si Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for framtida. Det vil i dei fleste tilfelle vere tilstrekkeleg å sette av soner på minimum 20 meter på kvar side av bekkar og 50-100 meter på kvar side av elver for å dekke område med potensiell flaumfare. På flate elvesletter vil flaumen ha større utstrekking. Kapittel 5 i Retningslinje 2-2011 [6], greier ut korleis ein kan ta omsyn til klimaendringar i arealplanlegginga. For flaum i små vassdrag har NVE laga ein eigen Rettleiar 3-2015 [7] som forklarar korleis ein kan identifisere og kartleggje flaumutsette område langs bekkar. Der elv renn ut i sjø må ein og vurdere faren for stormflo.

2.2 Tørke

Sjølv om sommarnedbøren i Sogn og Fjordane er venta å auke, vil snøsmeltinga gå føre seg tidlegare og fordampinga auke både om våren og sommaren. Dermed er det sannsynleg at ein kan få noko lengre periodar med lita vassføring i elvene om sommaren og lengre periodar med låg grunnvasstand og større underskot i markvatnet. Dette medfører noko auka fare for skogbrann mot slutten av hundreåret, og kan også gje eit auka behov for jordbruksvatning og utfordringar for settefiskanlegg.

2.3 Isgang

Klimaendringar med høgare temperatur gjev kortare periodar med is, og mindre og tidlegare vårisingangar. Vinterisingangar med skader er ikkje uvanleg i Sogn og Fjordane, til dømes i Jostedøla og Nausta. Ved mildvêr og store nedbørmengder som regn, går det i dag vinterisingangar i ei sone litt inn frå kysten. Denne sona vil gradvis flyttast lenger inn i landet og til større høgder over havet. Utover i dette århundret er det venta at vinterisingangar vil skje hyppigare og høgare opp i vassdraga enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidlegare har vore vanleg. Elver nær kysten vert nesten isfrie.

3. Effekt på skred

Skredfaren er sterkt knytt til lokale terrengforhold, men vêret er ein av dei viktigaste utløysingsfaktorane

for skred. I bratt terreng vil klimautviklinga kunne gje auka frekvens av skred som er knytt til regnskyll/flaum, snøfall og snøsmelting. Dette gjeld først og fremst jordskred, flaumskred og sørpeskred. Det er difor grunn til auka aktsemd mot desse skredtypane. Ved utgreiing og kartlegging av skredfare i samband med arealplanlegging og utbygging er det derfor viktig at alle typar skred vert vurderte nøye i tråd med krava i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningslova §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVE si Retningslinje 2-2011 [6] og NVE sin Veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVE sin Veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], rettleier for utgreiing av fare for ulike skredtypar. Det er likevel ikkje grunn til å rekne med at dei sjeldne, svært store skreda, vil verte større eller skje hyppigare. For utgreiing av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra tryggleiksmargin på krava som er omtala i TEK10 [4] og i [6].

Aktsemdkart for skred finst under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVE sin Kartkatalog. Karta er landsdekkande og utarbeidde med bakgrunn i ein landsdekkande høgdemodell. Mindre skråningar med høgdeforskjell mellom 20-50 meter vert ikkje fanga opp i kartlegginga. Desse karta viser derfor berre potensiell fare og er best eigna som ein første utsjekk på overordna plannivå. For område i Noreg dekkja av NGI sine kart for stein- og snøskred, er det tilrådd at desse vert nytta i staden for dei nasjonalt dekkande aktsemdskarta for snøskred. For andre skredtypar i bratt terreng; som stein-, jord- og flomskred og for sørpeskred, bør landsdekkande aktsemdskart nyttast [6].

Ei oversikt over NVE sine faresonekart finst her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Faresonekart for skred i bratt terreng er laga for kommunane Balestrand, Hornindal, Høyanger, Jølster, Luster, Aurland, Årdal og Lærdal. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], dannar grunnlag for NVE si prioritering av kartlegging av ulike typar skred. For einskilde kommunar i Sogn og Fjordane finst det også lokale faresonekart for skred i bratt terreng som er laga i samband med tidlegare plan- og byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) har også utført kartlegging av skred langs delar av veg- og jernbanenettet.

Ytterlegare informasjon om nasjonal kartlegging og dei ulike skredtypane finst på NVE sine nettsider.

3.1 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred vert påverka av frost- og rotsprenging, og vert ofte utløyst av auka vasstrykk i sprekkssystem i samband med intens nedbør. Hyppigare episodar med kraftig nedbør vil derfor kunne auke frekvensen også av desse skredtypane, men hovudsakleg på mindre steinsprang. Det er ikkje venta ein vesentleg endra frekvens eller utstrekking på dei store, sjeldne steinskreda.

3.2 Snøskred (lausnøskred, flakskred)

Med eit varmare og våtare klima vil det oftare kome regn på eit snødekt underlag. Dette gjev gradvis kortare snøsesong, og kystnære strok i låglandet kan verte heilt snøfrie. Faren for tørrsnøskred vil etter kvart verte redusert fordi temperaturstiging vil føre til både høgare snøgrense og høgare tregrense, medan faren for våtsnøskred i skredutsette områder vil auke.

3.3 Jord-, flaum- og sørpeskred

Det er grunn til auka aktsemd mot skredtypane jord-, flaum- og sørpeskred ettersom desse skredtypane kan verte både vanlegare og meir skadelege. Klimautviklinga vil likevel ikkje ha nokon innverknad på aktsemdsområda som er markert på dei nasjonale aktsemdskarta for jord- og flaumskred [12]. Sørpeskred som har høgt vassinnhald og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfelle kunne rekke utanfor desse aktsemdsområda.

3.4 Store fjellskred

Store fjellskred er hovudsakleg resultat av lang-siktige geologiske prosessar knytte til sprekkssystem og andre geologiske forhold. Sjølv om oppvarming og tining av permafrost kan vere ein medverkande faktor for utløysing av einskilde store fjellskred, er det førebels ikkje grunnlag for å seie at klimautviklinga fører til auka frekvens av eller storleik på store fjellskred. NVE tilrår ei kontinuerleg overvaking av eit ustabil fjellparti i Joasetbergi i Aurland i Sogn og Fjordane.

3.5 Kvikkleireskred

I Sogn og Fjordane er det minimalt med kvikkleire. Dei fleste kvikkleireskred vert utløyst av menneskeleg aktivitet eller erosjon i elver og bekkar. Auka erosjon som følgje av hyppigare og større flaumar kan utløyse fleire kvikkleireskred. Ei vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i område med marine avsetningar må utførast. Det er ikkje utarbeidd kvikkleirekart for Sogn og Fjordane, men det er viktig å vere merksam på at det kan skje skred også utanfor kartlagde faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåverknad

Havnivåstiging kan føre til at stormflo og bølger strekkjer seg lengre inn på land enn det som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skadar på busetnad og infrastruktur på grunn av overfløyming av område der ein i dag ikkje har registrert skadar.

I rapporten «Havnivåstiging og stormflo» [13] er det gjeve tal for ulike returnivår for stormflo og havnivåstiging med klimapåslag for alle kystkommunar i Sogn og Fjordane. I berekningane er det teke omsyn til venta landheving. Basert på høge klimagassutslepp og berekingar for perioden 2081-2100, er det tilrådd å nytte 57-75 cm (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstiging med klimapåslag. I tillegg må det gjerast egne vurderingar for bølge- og vindoppstiving. I rapporten er det gjeve døme på korleis tala i rapporten skal nyttast i planlegging.

5. Overvatn

Som ein konsekvens av at episodar med kraftig nedbør er venta å auke vesentleg både i intensitet og frekvens, sjå avsnitt 1.2 om nedbør, kan utfordringane med overvatn verte større enn i dag. Inntil vidare tilrår ein eit klimapåslag på minst 40 % på regnskyll som varer under 3 timar. Det er derfor viktig å integrere dette omsynet i planlegginga av handteringa av overvatn. Norsk Vatn har gjeve ut ein rettleiar i klimatilpassa handtering av overvatn [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumenta.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - regjeringen.no
- [4] Byggteknisk forskrift (TEK10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal
- [9] Schanche, S. (Red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (Red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE rapport 14/2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Sør-Trøndelag

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Januar 2016
Oppdatert juli 2017



Flom Ålen, august 2011. Foto: Luftforsvaret 330-skvadronen

KLIMAPROFIL SØR-TRØNDELAG

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Sør-Trøndelag. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel for beslutningstakere og planleggere i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenarioet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.


På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil i Sør-Trøndelag særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.




ØKT SANNSYNLIGHET

 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke


MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

 Tørke	Til tross for mer nedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi noe økt fare for tørke om sommeren
 Isgang	Kortere isleggings sesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på snødekket underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred. Sør-Trøndelag er særlig utsatt for kvikkleireskred

USIKKERT

 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hypigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsaklig for mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET

 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
--	---

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Sør-Trøndelag fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

1. Klimaet og klimaendringer i Sør-Trøndelag

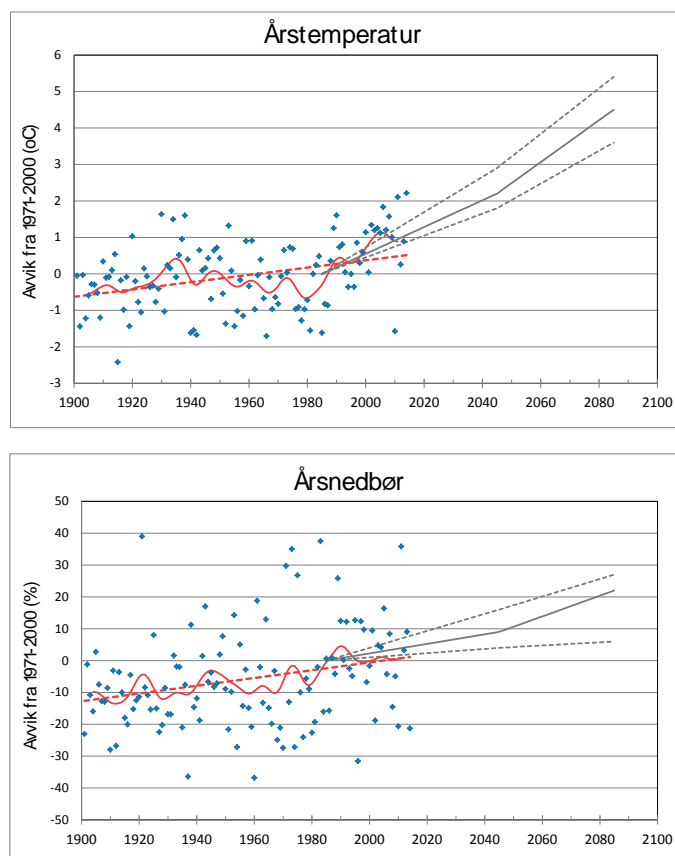
Klimaet i Sør-Trøndelag kjennetegnes av store forskjeller; - fra mildt og fuktig klima langs kysten til kontinentalt klima i sørøst. Vinterstid er middeltemperaturen omkring 0 °C ved kysten, mens det kan bli svært kaldt i indre dalstrøk lengst mot øst. Røros har kulderecord for Sør-Norge med -50 °C. På varme sommerdager kan det bli over 30 varmegrader i indre fjord- og dalstrøk. Årsnedbøren er høyest nær kysten, og lavest lengst i sørøst.

Det beregnes at årstemperaturen i Sør-Trøndelag øker med ca. 4 °C, og at nedbøren øker med ca. 20 % frem mot slutten av århundret. Nedbørintensiteten vil øke på dager med kraftig nedbør, og dager med mye nedbør kommer litt hyppigere. Temperaturen beregnes å øke mest om vinteren, og nedbøren å øke mest sommer og høst. Når det gjelder vind beregnes ingen store endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Sør-Trøndelag er beregnet å øke med ca. 4,0 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for høst, vinter og vår: ca. 4,5 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 4,0 °C. Temperaturøkningen blir trolig større i indre strøk enn i kystområdene. Vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder. Vinterstid vil dager med svært lave temperaturer bli sjeldnere. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971–2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Sør-Trøndelag. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye klimagassutslipp.

verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Sør-Trøndelag er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur/ nedbør for perioden 1971-2000:

- Røros 0,7 °C / 500 mm
- Trondheim 5,5 °C / 950 mm
- Ørland: 5,9 °C / 1060 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Sør-Trøndelag er beregnet å øke med ca. 20 %. Sesongmessig fordeler dette seg slik:

- Vinter: ca. 5 %
- Vår: ca. 5 %
- Sommer: ca. 20 %
- Høst: ca. 25 %

Nedbørøkningen i millimeter blir større i de nedbørrike områdene ved kysten enn i de sørøstlige deler av fylket. Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørintensiteten for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 20 %. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døggnedbør. Inntil videre foreslås det et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med kortere varighet enn 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø i lavereliggende områder. I lavtliggende områder nær kysten vil snøen bli nesten borte i mange år, men det vil fortsatt være enkelte år med betydelig snøfall selv i kystnære lavlandsområder. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

Høyereliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens mer nedbør som regn vil føre til at regnflommene blir større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og små bratte vassdrag som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. I mindre nedbørfelt og i alle nedbørfelt i kystsonen anbefales et klimapåslag på minst 20 %. Det skal tas hensyn til flomfare i et endret klima ifølge TEK 10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

I indre og høyereliggende deler av Sør-Trøndelag er det vanlig at snøsmelteflommer om våren er årets største flom. Dersom det også kommer regn under snøsmeltingen vil flommene bli spesielt store. Det finnes også flere eksempler på at rene regnflommer om sommeren eller tidlig på høsten kan bli store og forårsake skade. I lavereliggende, kystnære strøk er det gjerne regnflommer om høsten og vinteren, som dominerer. Noen ganger gir også snøsmelting et bidrag til høst- og vinterflommene.

Sideelver som bryter ut av sitt normale løp kan være en viktig skadeårsak i flomsituasjoner. Ofte går det også skred i forbindelse med mye regn og flom. Skadepotensialet er spesielt stort når elva går gjennom tettsteder og bebygde områder.

Mange bebygde områder er anlagt på vifter ved munningen av små og store elver og på dalfyllinger i leirjordsområder. Skadene her skyldes ofte oversvømmelse eller erosjon/graving. Flomskadene kan bli store både på bebyggelse, infrastruktur og jordbruksområder. Dessuten skaper flom ofte problemer for fremkommelighet på vegnettet.

Orkla og Nea-Nidelva er regulerte elver, og generelt reduserer dette flomvannføringene, men også i disse vassdragene kan det bli skadeflommer. Først og fremst er bidraget fra snøsmelting om våren dominerende, men enkelte store flommer skyldes utelukkende regn. Også i Gaula er det snøsmelteflommer om våren som dominerer, og de største vannføringene opptrer oftest som en kombinasjon av snøsmelting og regn. Både i 2010, 2012 og 2013 var det store vårflokker i vassdraget. Store regnflommer forekommer også, og i 1940 var det en katastrofal regnflom i august. I august 2011 førte et kraftig skybrudd til en stor skadeflom i Holtålen, et sidevassdrag øverst i Gaula.

I de kystnære, lavereliggende vassdragene, for eksempel på Fosen, er klimaet maritimt og regnflommer forekommer til alle årstider. Ofte kommer årets største flom om høsten eller vinteren, gjerne med noe bidrag fra snøsmelting. Et eksempel er Krinsvatn i Nordelva, hvor største observerte

flom siden NVEs målinger startet i 1916, var en flom 31. januar 2006.

Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at vannføringen i Sør-Trøndelag i perioden 1985-2014 er omtrent uendret i forhold til perioden 1971-2000. Størst reduksjon har det vært om sommeren, mens vannføringen har økt om vinteren.

Fremtidige endringer

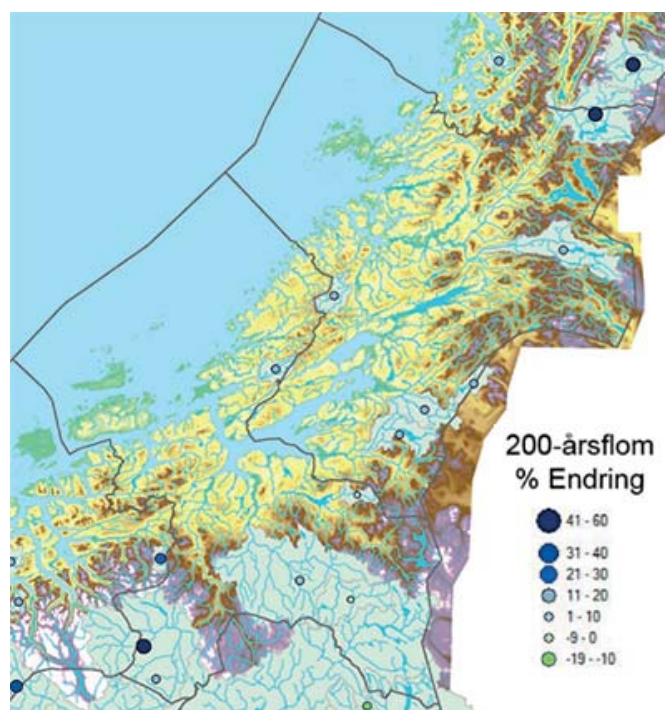
Selv om nedbøren øker i alle sesonger, fører høyere temperatur og dermed økt fordampning til en forholdsvis liten økning i gjennomsnittlig årlig vannføring i Sør-Trøndelag. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmeltning og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Om vinteren forventes økt vannføring fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i stedet for snø. Om våren forventes økt vannføring i fjellet, men redusert vannføring i lavlandet fordi snøen i fjellet smelter tidligere og snøsmeltningen til dels er ferdig i lavlandet. Nedbøren om sommeren er beregnet å øke, men det forventes likevel redusert vannføring fordi det fordamper mer, og fordi snøsmeltningen er ferdig i fjellet. Om høsten forventes økt vannføring fordi nedbøren øker og mer nedbør faller som regn i stedet for snø.

Beregningene viser at også de ekstreme vannføringene vil endre seg; se figur 2 som viser endring i 200-års flom. Klimaendringer i form av mer intense nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn i stedet for snø forventes å endre flomregimet i Sør-Trøndelag fram mot 2100:

- Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret.
- Nedbøren forventes å øke. I kystnære elver hvor årets største flom i dag er en regnflom forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen. I nedbørfelt i kystsonen anbefales et klimapåslag på 20 %.

- I mindre, bratte vassdrag (elver og bekker) som reagerer raskt på nedbør, og i tettbygde strøk med tette flater vil mer intens nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier. Her anbefales et klimapåslag på minst 20 %.

Anbefalt klimapåslag er 0 % for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer, og minst 20 % for alle andre vassdrag.



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

Flomfarekart i Sør-Trøndelag

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Orkla, Nea-Nidelva og Gaula. De er tilgjengelig digitalt på NVEs kartkatalog. Anbefalt klimapåslag i parentes:

- Orkla vassdraget: Flomsonekart Orkanger og Meldal (0 %).
- Nea-Nidelva: Flomsonekart Trondheim og Selbu (0 %)
- Gaulavassdraget: Flomsonekart Ålen (20%), Flomsonekart Kotsøy, Støren og Melhus (20 %)

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Selv om sommernedbøren i Sør-Trøndelag forventes å øke, vil snøsmeltingen foregå tidligere, og fordampningen øke både om våren og sommeren. Dermed er det sannsynlig at man kan få noe lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, og lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for skogbrann mot slutten av århundret, og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning og utfordringer for settefiskanlegg

2.3 Isgang

Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisganger. Vinterisganger med skader er vanlig i Trøndelag. Ved mildvær og store nedbørhendelser som regn, går det i dag vinterisganger i en sone litt inn fra kysten. Denne sonen vil gradvis flyttes lenger inn i landet og til større høyder over havet. Utover i dette århundret ventes vinterisganger å skje hyppigere og høyere opp i vassdrag enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidligere har vært vanlig.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/flom og snøfall. Dette gjelder først og fremst jord-

skred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er derfor best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart er ikke utarbeidet av NVE for områder i Sør-Trøndelag. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For enkelte kommuner i Sør-Trøndelag finnes det også lokale faresonekart for skred i bratt terreng som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

3.1 Kvikkleireskred

De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet eller erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. *I Sør-Trøndelag som har store kvikkleireforekomster, er det spesielt grunn til å være oppmerksom på dette.*

For kvikkleireskredfare utgjør marin grense en øvre grense for hvor det kan inntreffe kvikkleireskred. Store deler av Sør-Trøndelag ligger under marin grense og mange områder kan dermed ha mulig fare for kvikkleireskred. For Agdenes, Åfjord, Trondheim, Rissa, Orkdal, Melhus, Malvik, Klæbu og Bjugn kommuner er det utført nasjonal kartlegging av områder med fare for store kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen. Kvikkleireskred i bebygde områder kan medføre store økonomiske konsekvenser, samt fare for liv og helse.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred påvirkes av frost- og rotsprengning, og utløses ofte av økt vanntrykk i sprekk-systemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekk-systemer og andre geologiske forhold. Det er foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen vil føre til økt hyppighet av eller størrelse på store fjellskred.

3.4 Snøskred (løssnøskred, flakskred)

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare, men ikke på de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord-, flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder der en i dag ikke har registrert skader. I veilederen «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for alle kystkommuner i Sør-Trøndelag. I beregningene er tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke fra 50-68 cm (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstuvning. I rapporten er det gitt eksempler på hvordan tallene skal brukes i planlegging.

5. Overvann

De største skadene på bebyggelse og infrastruktur i Sør-Trøndelag oppstår gjerne i forbindelse med kraftig kortvarig nedbør som gir store mengder overvann og urbanflommer. Tette flater som asfalterte veier og parkeringsplasser gir raskere avrenning enn naturlige flater, og fører til økt flomfare i bekker og vassdrag dersom vannet ledes for raskt ut i vassdragene.

Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med

varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

[1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpning i planlegging etter plan- og bygningsloven

[2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no

[3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - regjeringen.no

[4] Byggteknisk forskrift (TEK 10)

[5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016

[6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014).

[7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015

[8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal

[9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014

[10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014

[11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innenoversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011

[12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019

[13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo - samfunnssikkerhet i kommunal planlegging

[14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Telemark

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Oktober 2016
Oppdatert juli 2017



Flom i Heddøla ved Omnesfoss, september 2015. Foto: NVE/Trine Lise Sørensen

KLIMAPROFIL TELEMARKE

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Telemark. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenariet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.




På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene i Telemark vil særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.


ØKT SANNSYNLIGHET

 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke



MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

 Tørke	Det forventes ikke økning i sommernedbøren. Høyere temperaturer og økt fordampning kan derfor gi økt fare for tørke om sommeren
 Isgang	Kortere isleggingssesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil snøgrensen gå høyere, og regn vil oftere falle på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET

 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
--	---

USIKKERT

 Sterk vind	Trolig liten endring
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsakelig for mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Telemark fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

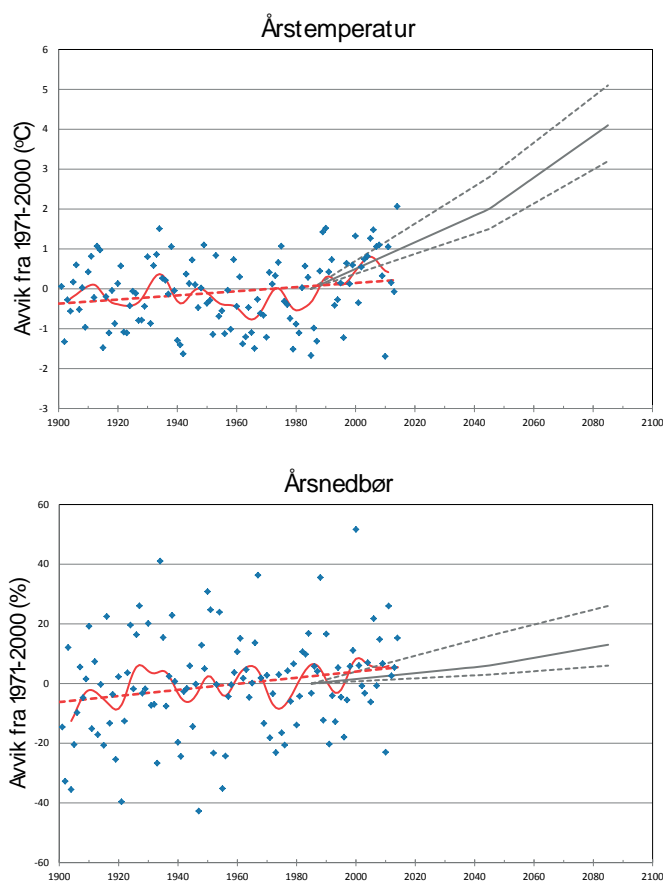
1. Klimaet og klimaendringer i Telemark

Det er store kontraster i klima mellom ulike deler av Telemark. Nær kysten er klimaet mildt og med gjennomsnittlig årstemperatur på over 7 °C, mens fjellstrøkene har årstemperatur på under -2 °C. Vinterstid kan det bli kaldere enn -35 °C i enkelte indre dalstrøk, mens det på varme sommerdager kan bli over 30 °C både ved kysten og i dalstrøkene. Sommerstid er kyststrøkene i Telemark blant de varmeste og mest solrike i landet. Årsnedbøren varierer fra under 800 mm i enkelte dalstrøk, til over 1000 mm i vestlige deler av fylket. I enkelte dalstrøk kan det bli kraftige vindkast i vær-situasjoner med sterk vestavind i høyden. Det beregnes at årstemperaturen i Telemark øker med ca. 4 °C, og årsnedbøren øker med ca. 15 % i løpet av århundret sammenlignet med perioden 1971-2000. Dager med mye nedbør kommer litt hyppigere, og med økt nedbørintensitet. For vind viser beregningene små endringer, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Telemark er beregnet å øke med ca. 4,0 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinteren, ca. 4,5 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 4,0 °C. Vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder, og mest nær kysten. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik i fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Telemark. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye klimagassutslipp.

verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Telemark er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur/nedbør for perioden 1971-2000:

- Skien 6,4 °C / 840 mm
- Notodden 5,5 °C / 695 mm
- Jomfruland 7,3 °C / 950 mm
- Treungen (Tveitsund) 5,5 °C / 975 mm
- Haukelisetter 0,8 °C / 840 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Telemark er beregnet å øke med ca. 15 %. Sesongmessig fordeler dette seg slik:

- Vinter: 30 %
- Vår: 25 %,
- Sommer: 0 %
- Høst: 10 %

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørintensiteten i døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 15 %. Størst økning i intensitet (ca. 25 %) er forventet vinterstid. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døgnet nedbør. Inntil videre foreslås det derfor et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med kortere varighet enn 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snødekke. Snøsesongen i Telemark blir 1-4 måneder kortere; med størst reduksjon i midtre strøk av fylket. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

Høyereleggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene; bortsett fra enkelte høyfjellsområder.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer; mens regnflommene forventes å

bli større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og i små, bratte vassdrag som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. I små elver som reagerer raskt på regn anbefales et klimapåslag på minst 20 %. Flomfare i et endret klima skal tas hensyn til ifølge Byggeteknisk forskrift TEK10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

Skiensvassdraget er Telemarks største elv, og består av en vestlig gren (Vinje-Tokke-vassdraget) og en østlig gren (Tinn-vassdraget). I vestgrenen av Skiensvassdraget er det vanlig at årets største flom er en snøsmelteflom om våren. De største registrerte flommene ved Totak har vært snøsmelteflommer i mai eller juni, men sterk regulering demper flommene. Dersom det også kommer regn under snøsmeltingen vil flommene bli spesielt store, som i juni 1927. Også intens nedbør om sommeren kan gi store skadeflommer, særlig i østgrenen. De største flommene i østgrenen av Skiensvassdraget (målt ved Tinne) har vært regnflommer om sommeren og høsten, i tillegg til snøsmelteflommer i mai, juni og juli. Nylige flommer har funnet sted i mai 2004, etter rask snøsmelting og regnbyger samt i juli 2007 og september 2015, etter langvarig regnvær. Kraftig regnvær førte til store flomskader i Notodden 24. juli 2011 og 6. august 2013. Også i Rjukan og Tinn har kraftig regn ført til dramatiske flomhendelser, delvis på grunn av skred utløst av nedbøren. Sideelver som bryter ut av sitt normale løp kan være en viktig skadeårsak i flomsituasjoner. Skadepotensialet er spesielt stort når elva går gjennom tettsteder og bebygde områder.

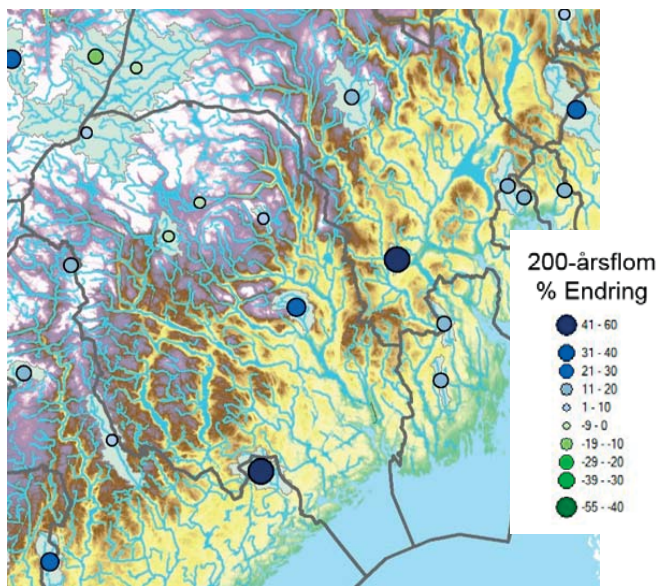
Mange tettsteder og byggefelt er anlagt på skredvifter rundt små og store elver. Skadene her skyldes ofte både oversvømmelse, erosjon og stor masseføring (stein og grus som kan bidra til flomskadene). Flomskadene kan bli store på bebygde områder, infrastruktur og jordbruksområder. Dessuten skaper flom ofte problemer for fremkommelighet på vegnettet.

Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at vannføringen i Telemark i perioden 1985-2014 var noe større enn i perioden 1971-2000. Vannføringen har økt i alle sesonger, og den prosentvise økningen har vært særlig stor om høsten. Dette skyldes at nedbøren faller som regn i stedet for snø, og dermed renner av med én gang. Økt vannføring om vinteren og våren skyldes at snøsmeltingen starter tidligere.

Fremtidige endringer

I Telemark forventes gjennomsnittlig årlig vannføring å øke noe, fordi nedbøren øker. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Om vinteren forventes stor økning i vannføring fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i stedet for snø. Om våren forventes økt vannføring i fjellet, men redusert vannføring i lavlandet fordi snøen i fjellet



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

smelter tidligere og snøsmeltingen til dels er ferdig i lavlandet. Om sommeren forventes redusert vannføring fordi snøsmeltingen er ferdig i fjellet, og det fordampes mer. Også om høsten forventes mulig redusert vannføring i lavereliggende områder sør i fylket fordi økningen i fordampningen der kan bli større enn nedbørøkningen. Derimot kan

vannføringen om høsten øke i høyereliggende strøk fordi økningen i fordampning vil være mindre enn i lavlandet.

Beregningene viser at også de ekstreme vannføringene vil endre seg (figur 2). Denne figuren viser beregnet endring i flomvannføring frem mot slutten av århundret, i prosent. Blå sirkler betyr en økning i flomstørrelsen, grønne betyr en reduksjon.

Klimaendringer i form av mer intense nedbør-episoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn i stedet for snø forventes derfor å endre flomregimet i Telemark frem mot 2100 slik:

- Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret.
- Nedbøren forventes å øke. I elver hvor årets største flom i dag er en regnflom forventes det derfor en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen (se anbefaling nedenfor).
- I mindre, bratte vassdrag som reagerer raskt på nedbør, og i tettbygde strøk med tette flater vil mer intens nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier. Her anbefales et klimapåslag på minst 20 %.

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 0 % for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer, og minst 20 % for mindre nedbørfelt, avhengig av flomsesong, regulering, feltstørrelse og avstand til kysten.

Flomfarekart i Telemark

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Skiensvassdraget. De er tilgjengelig digitalt på NVEs kartkatalog. Anbefalt klimapåslag i parentes.

- Heddøla: Flomsonekart Tuven (20 %)
- Flatdøla: Flomsonekart Flatdal (20 %)

- Bygdaråi: Flomsonekart Seljord (20 %)
- Hjartdøla: Flomsonekart Sauland (20 %)
- Tokkeåi: Flomsonekart Dalen (0 %)
- Skienselva: Flomsonekart Skien (0 %)
- Eidselva: Flomsonekart Ulefoss (0 %)
- Måna: Flomsonekart Rjukan (0 %)

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i NVEs retningslinje 2-2011 [6] beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Sommernedbøren i Telemark forventes ikke å øke, men økt temperatur vil føre til at snøsmeltingen vil foregå tidligere, og at fordampningen vil øke både om våren og sommeren. Dermed er det sannsynlig at man kan få noe lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, og lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for tørke og skogbrannfare mot slutten av århundret, og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning.

2.3 Isgang

Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisinganger. På grunn av omfattende reguleringer av vassdragene i Telemark er det i dag sjeldent skader på grunn av isganger. Likevel går det, ved mildvær og store nedbørhendelser som regn, vinterisinganger i en sone litt inn fra kysten. Denne sonen vil gradvis flyttes lenger inn i landet og til større høyder over havet. Utover i dette århundret ventes vinterisinganger å skje hyppigere og høyere opp i vassdrag enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidligere har vært vanlig.

3. Effekter på skred

*Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/flo*m og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10] gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser kun potensiell fare, og er derfor best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales at disse benyttes i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. I Telemark gjelder det for Vinje kommune. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000-og/eller 5000-års skred. Slike kart er utarbeidet av NVE for områder i Tinn og Tokke i Telemark. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11] danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For enkelte kommuner i Telemark

kan det finnes lokale faresonekart for skred i bratt terreng som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

3.1 Kvikkleireskred

I Telemark er det mange områder med marine avsetninger med mulig fare for kvikkleireskred. De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men påvirkes også av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Faresonekart for kvikkleire er utarbeidet for Porsgrunn, Skien, Nome, Bø og Sauherad. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred utløses ofte av økt vanntrykk i sprekk-systemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekk-systemer og andre geologiske forhold. Det er foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen fører til økt hyppighet av eller størrelse på store fjellskred.

3.4 Snøskred (løssnøskred, flakskred)

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare, men ikke for de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord-, flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder hvor en i dag ikke har registrert skader.

I rapporten «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for alle kommuner i Telemark. I beregningene er det tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke fra 62-64 cm (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstuvning. I rapporten er det gitt eksempler på hvordan tallene i rapporten skal brukes i planlegging.

5. Overvann

De største skadene på bebyggelse og infrastruktur i Telemark oppstår gjerne i forbindelse med kraftig kortvarig nedbør som gir store mengder overvann og urbanflommer. Tette flater som asfalterte veier og parkeringsplasser gir raskere avrenning enn naturlige flater, og fører til økt flomfare i bekker og vassdrag dersom vannet ledes for raskt ut i vassdragene.

Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig

både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig

å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpassing i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpassing i Norge - regjeringen.no
- [4] Byggeteknisk forskrift (TEK10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal
- [9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVEs veileder 8-2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVEs veileder 7-2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering rapport 162/2008.

Klimaprofil

Troms

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Mars 2016
Oppdatert juli 2017



Sessøya i Troms. Foto: Gunnar Noer/MET

KLIMAPROFIL TROMS

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Troms. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av innholdet i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2], og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.


I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer med høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100» [2].

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.

På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil i Troms særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.

ØKT SANNSYNLIGHET	
 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer
 Jord-, flom- og sørpeskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke

USIKKERT	
 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsakelig for mindre steinspranghendelser
 Fjellskred	Det er ikke forventet at klimaendringene vil gi vesentlig økt fare for fjellskred

MULIG ØKT SANNSYNLIGHET	
 Tørke	Til tross for mer nedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi noe økt fare for tørke
 Isgang	Kortere isleggingsesong, hyppigere vinterisganger samt isganger høyere opp i vassdragene
 Snøskred	Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på snødekket underlag. Dette kan på kort sikt gi økt skredfare. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET	
 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret

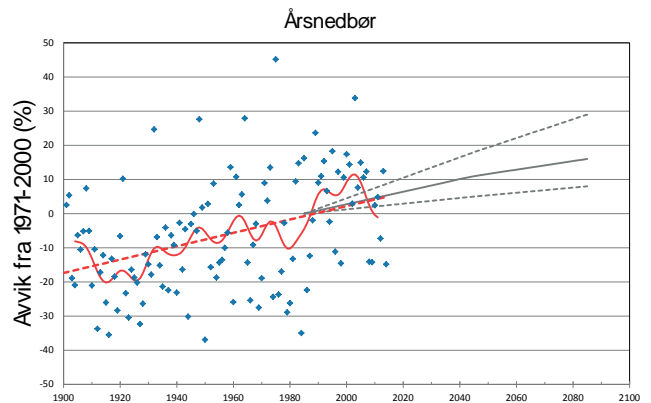
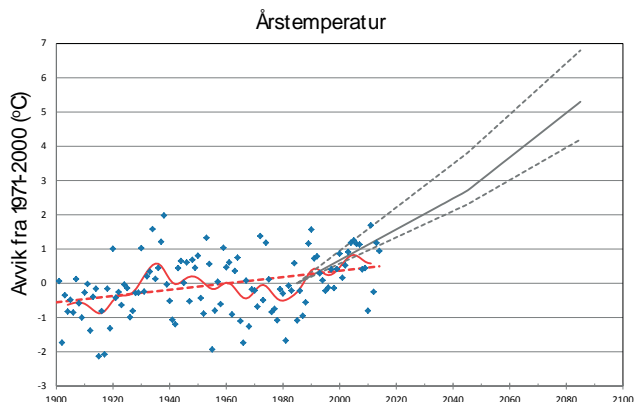
Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Troms fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

1. Klimaet og klimaendringer i Troms

Klimaet i Troms kjennetegnes av en relativt mild og nedbørrik kyst, mens det i indre dalstrøk er lav årsnedbør og lave temperaturer vinterstid. Det forventes ikke at dette mønsteret endres vesentlig. Vinterstid kan polare lavtrykk gi rask vindøkning og kraftig nedbør som snø i ytre strøk. Det beregnes at årstemperaturen i Troms øker med ca. 5 °C, og nedbøren øker med ca. 15 % i løpet av århundret sammenliknet med perioden 1971-2000. Dager med mye nedbør kommer hyppigere, og med økt nedbørintensitet. Temperaturen beregnes å øke mest om vinteren, og minst om sommeren. Når det gjelder vind beregnes ingen store endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Troms er beregnet å øke med ca. 5,0 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinteren (ca. 6,0 °C), mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 5,0 °C. Vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder, og mest i ytre kyststrøk. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer; for eksempel nedbør.



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Troms. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiptet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for endring av temperatur og nedbør frem mot slutten av århundret for høye klimagassutslipp.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Troms er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur og nedbør:

- Harstad 4,0 °C / 875 mm
- Finnsnes 3,4 °C / 1030 mm
- Tromsø 2,6 °C / 1050 mm
- Bardufoss 1,0 °C / 675 mm
- Nordstraum 2,9 °C / 460 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Troms er beregnet å øke med ca. 15 %. Sesongmessig fordeler dette seg slik:

- Vinter: 10 %
- Vår: 10 %
- Sommer: 30 %
- Høst: 20 %

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørmengden for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 25 %. Størst økning i intensitet (30 %) er forventet i sommermånedene. For kortvarige nedbørepisoder er det indikasjoner på at økningen i intensitet kan være større enn for verdiene i løpet av ett døgn. Inntil videre anbefales et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø i lavereliggende områder, men det vil fortsatt være enkelte år med betydelig snøfall selv i lavlandsområder. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

Høyereliggende fjellområder kan få økende snømengder frem mot midten av århundret. Etter dette forventes det at økt temperatur etter hvert vil føre til mindre snømengder også i disse områdene, bortsett fra enkelte høyfjellsområder.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens mer nedbør som regn vil føre til at regnflommene blir større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og små bratte vassdrag som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. I mindre nedbørfelt og vassdrag i kystsonen anbefales et klimapåslag på minst 20 %, mens det ikke er behov for klimapåslag for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer. Det skal

tas hensyn til flomfare i et endret klima ifølge TEK10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

I indre og høyereliggende deler av Troms er det vanlig at årets største flom er snøsmelteflom om våren. Dersom det også kommer regn under snøsmeltingen vil flommene bli spesielt store, men rask snøsmelting alene kan også gi store flommer, som i mai 2013. I lavereliggende, kystnære strøk er det gjerne regnflommer om høsten som gir årets største flom. Noen ganger gir også snøsmelting et bidrag til høstflommene. Også intens nedbør om sommeren kan gi store skadeflommer. Dette var tilfelle i juli 2012 for eksempel i Målselv. Sideelver som bryter ut av sitt normale løp kan være en viktig skadeårsak i flomsituasjoner. Skadepotensialet er spesielt stort når elva går gjennom tettsteder og byggefelt. Mange norske byggefelt er anlagt på skredvifter rundt småelver og på dalfylninger i leirjordsområder. Skadene her skyldes ofte oversvømmelse eller erosjon og stor masseføring (stein og grus som kan bidra til flomskadene).

Ved NVEs målestasjoner for vannføring i Salangselva og Målselv er det registrert flere store flomhendelser fra begynnelsen av 1900-tallet og frem til i dag. Den største flommen i Salangselva siden registreringene startet, var en vårfloam i 2010, og den tredje største var flommen i juli 2012. Dette var i hovedsak en regnflom. I Målselv viser registreringer at de største flomverdiene var i 1939 og 1946, mens 2012-flommen er den største registrerte flommen etter dette.

I Troms er både infrastruktur og bebyggelse spredt. Derfor blir heller ikke flomskadene store i forhold til mer tett befolkede områder i andre deler av landet. Likevel kan flom gi store skader på bebyggelse og ikke minst jordbruksområder. Dessuten skaper flom ofte problemer for fremkommelighet på veinettet.

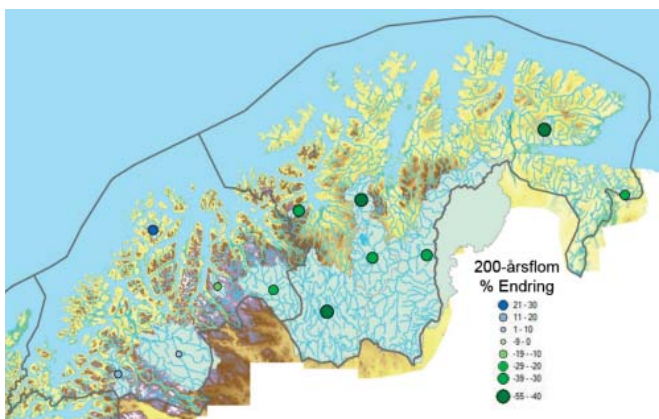
Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at vannføringen i Troms i perioden 1985-2014 var omtrent uendret fra perioden 1971-2000. Vannføringen har økt i alle årstider bortsett fra om

sommeren. Spesielt om vinteren har den prosentvise økningen vært stor, ca. 20 %.

Fremtidige endringer

I Troms forventes gjennomsnittlig årlig vannføring å være nær uendret frem til slutten av århundret, men endringene i en bestemt sesong kan bli store: Om vinteren forventes vannføringen å øke med 60 % fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn. Om våren forventes økt vannføring i fjellet, men redusert vannføring i lavlandet fordi snøen i fjellet smelter tidligere og snøsmeltingen til dels er ferdig i lavlandet. Om sommeren forventes vannføringen å minke med 50 % fordi snøsmeltingen er ferdig i fjellet, og det fordamper mer. Om høsten forventes vannføringen å øke med 20 % fordi mer nedbør kommer som regn.



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

Beregningene viser at også de ekstreme vannføringene vil endre seg; se figur 2 som viser endring i 200-års flom.

For Troms forventes klimaendringer i form av mer intense nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn å føre til følgende endringer i flomregimet:

- Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret.
- I kystnære elver hvor årets største flom i dag er en regnflom forventes det en økning

i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen.

- I mindre, bratte vassdrag (elver og bekker) som reagerer raskt på nedbør, og i tettbygde strøk med tette flater vil mer intens nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man forvente minst 20 % økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier.

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er minst 20 % for mindre nedbørfelt og vassdrag i kystsonen, og 0 % for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer.

Flomfarekart i Troms

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Tromsdalen, Målselv og Storslett.

- Flomsonekart Tromsdalselva: Flomsoner for både dagens og fremtidens klima er vist. Flomstørrelsene som inkluderer effekten av klimaendringer er lagt på med 20 %. Dette tilsvarer 10-20 cm vannstands-stigning.
- Flomsonekart Målselv, 4 strekninger i hovedvassdraget - Moen, Karlstad, Rundhaug, Øverbygd: Det er ikke behov for klimapåslag (0 %).
- Flomsonekart Storslett, Nordreisa: Det er ikke behov for klimapåslag (0 %).

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Selv om sommernedbøren i Troms forventes å øke, vil også fordampningen øke og dermed er det sannsynlig at man kan få noe lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for tørke og skogbrannfare mot slutten av århundret og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning.

2.3 Isgang

Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is, og mindre og tidligere vårisinganger. Vinterisinganger med skader er vanlig i Troms, og isgangene i Målselva, Barduelva og Reisaelva kan være store. Ved mildvær og store nedbørhendelser som regn går det i dag vinterisinganger i en sone litt inn fra kysten. Denne sonen vil gradvis flyttes lenger inn i landet og til større høyder over havet. Utover i dette århundret ventes vinterisinganger å skje hyppigere og høyere opp i vassdrag enn i dag, og også i andre vassdrag enn det som tidligere har vært vanlig.

3. Effekter på skred

Skredfare er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyl/flo og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8/2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7/2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs

det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder i Norge dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene for snøskred. For de andre skredtypene i bratt terreng benyttes landsdekkende aktsomhetskart for henholdsvis stein-, jord- og flomskred. Sistnevnte anbefales også benyttet for sørpeskred [6].

NVE sammenstiller og utarbeider faresonekart for skred i bratt terreng, også kart fra andre aktører. En oversikt over kartlagte faresoner i den enkelte kommunen finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/faresonekart-kommuner/>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart er utarbeidet for bl.a. Tromsø, Balsfjord og deler av Kåfjord kommuner. Alle typer skred i bratt terreng utredes i kartleggingen, og resultatet i form av faresonekart kan brukes direkte i reguleringsplanlegging. Flere kommuner mangler i dag detaljerte terrengdata (laserdata) for å kunne bli kartlagt. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For enkelte kommuner finnes det også lokale faresonekart for skred i bratt terreng som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker.

Det er for enkelte områder i Troms (bl.a. Målselv, Lyngen og Tromsø) utført nasjonal kartlegging av områder med fare for store naturlige kvikkleireskred. Disse kartene er også tilgjengelige på NVE-Atlas, under «Naturfare». Statens Vegvesen kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng og kvikkleire langs deler av veinettet i Troms. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

3.1 Kvikkleireskred

I Troms er det mange områder med marine avsetninger med mulig fare for kvikkleireskred. De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men påvirkes også av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan være kvikkleire også utenfor kjente kartlagte faresoner.

3.2 Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred utløses ofte av økt vanntrykk i sprekk-systemer i forbindelse med intens nedbør. Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil derfor kunne øke hyppigheten også av disse skredtypene, men hovedsakelig på mindre steinspranghendelser.

3.3 Fjellskred og permafrost

Store fjellskred er hovedsakelig forårsaket av langsiktige, geologiske prosesser knyttet til sprekk-systemer og andre geologiske forhold. Permafrost er observert i ustabile fjellsider i indre Troms, f.eks i Signaldalen og i Nordnesfjellet. Selv om oppvarming og tining av permafrosten kan være en medvirkende faktor for utløsning av enkelte store fjellskred, er det foreløpig ikke grunnlag for å si at klimautviklingen fører til økt hyppighet av eller størrelse på store fjellskred. To fjellpartier i Troms, Nordnesfjellet og Gamanjunni 3 i Kåfjord kommune, er av NVE definert som høyriskoområder og blir kontinuerlig overvåket av NVE med hensyn til bevegelser og ustabilitet.

3.4 Snøskred (løssnøskred, flakskred)

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle nedbør på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare, men ikke for de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil avta.

3.5 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord-, flom- og sørpeskred, fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder hvor en i dag ikke har registrert skader. I veilederen «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for alle kystkommuner i Troms. I beregningene er tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke 47-73 cm (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstiving. I rapporten er det gitt eksempler på hvordan tallene i rapporten skal brukes i planlegging.

5. Overvann

Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 – <https://klimaservicesenter.no>
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge – <https://www.regjeringen.no>
- [4] Byggteknisk forskrift (TEK10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Veileder 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal
- [9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVEs veileder 8/2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014) Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVEs veileder 7/2014
- [11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE rapport 14/2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Vestfold

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Desember 2015
Oppdatert juli 2017



Meløstranda Camping, 2007. Foto: NRK/Yngve Tørrestad

KLIMAPROFIL VESTFOLD

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer og klimautfordringer i Vestfold. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel for beslutningstakere og planleggere i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2] og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenarioet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.



På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil i Vestfold særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør og økte problemer med overvann; havnivåstigning og stormflo; endringer i flomforhold og flomstørrelser; og skred.



ØKT SANNSYNLIGHET

	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
Kraftig nedbør	
	Det forventes flere og større regnflommer
Regnflom	
	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
Jord-, flom- og sørpeskred	
	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke
Stormflo	




UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET

	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret
Snøsmelteflom	
	Kortere isleggingssesong. Ennå vinterisganger i innlandet, men mindre ismengder. Elvene ved kysten vil ha lite is
Isgang	

USIKKERT

	Trolig liten endring
Sterk vind	
	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsaklig for mindre steinspranghendelser
Steinsprang og steinskred	

MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

	Det forventes ingen endringer i total sommernedbør. Høyere temperaturer og økt fordampning vil gi økt fare for tørke om sommeren
Tørke	
	Med et varmere og våtere klima vil snøgrensen bli høyere, og regn vil oftere falle på snødekt underlag. Dette kan redusere faren for tørrsnøskred og øke faren for våtsnøskred i skredutsatte områder
Snøskred	
	Økt erosjon som følge av økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred. Vestfold er særlig utsatt for kvikkleireskred
Kvikkleireskred	

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Vestfold fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

1. Klimaet og klimaendringer i Vestfold

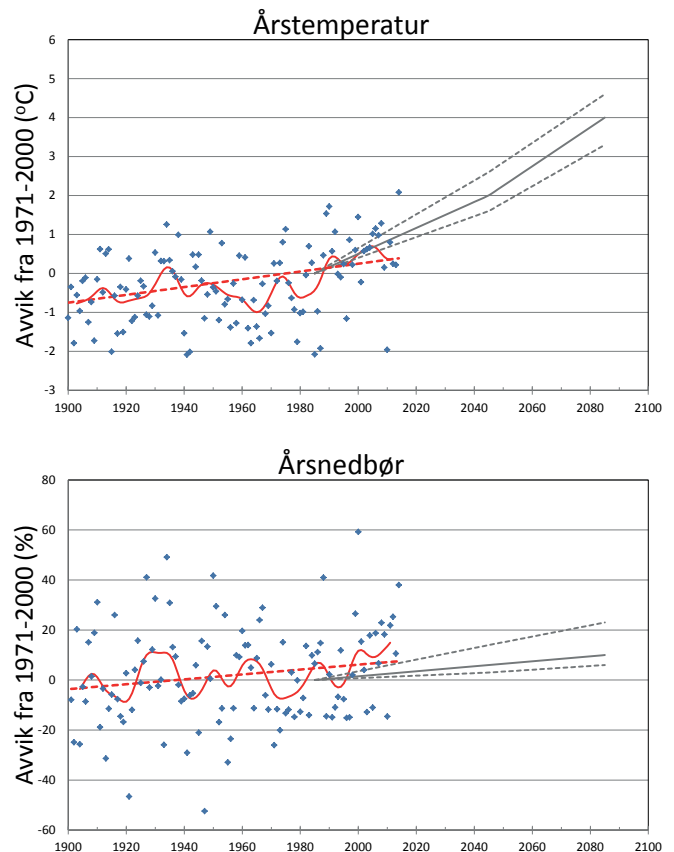
Klimaet i Vestfold kjennetegnes av forholdsvis milde vintre ved kysten, mens det er kjøligere i indre strøk. Sommerstid er det relativt høye temperaturer over hele fylket. Årsnedbøren er lavest ytterst på kysten, og noe høyere i indre strøk. Det forventes ikke at dette mønsteret endres vesentlig. Det beregnes at årstemperaturen i Vestfold øker med ca. 4,0 °C, og at årsnedbøren øker med ca. 10 % frem mot slutten av århundret sammenliknet med perioden 1971-2000. Nedbørintensiteten vil øke på dager med kraftig nedbør, og dager med mye nedbør kommer litt hyppigere. Både temperatur og nedbørmengde beregnes å øke mest om vinteren. Når det gjelder vind beregnes ingen store endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Vestfold er beregnet å øke med cirka 4,0 °C. Den største temperaturøkningen (ca. 4,5 °C) beregnes for vinteren, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 3,5 °C. Vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder, og mest for sørlige deler av fylket. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere, mens det sommerstid blir vesentlig flere dager med middeltemperatur over 20 °C. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært i perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Vestfold er disse gjennomsnittsverdiene for temperatur/nedbør for perioden 1971-2000:

- Færder: 7,8 °C / 650 mm
- Sandefjord og Tønsberg: 6,7 °C / 900 mm



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Vestfold. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiptet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye klimagassutslipp.

- Stokke: 6,0 °C / 1150 mm
- Lardal: 5,2 °C / 1050 mm
- Larvik: 6,7 C / 1050 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Vestfold er beregnet å øke med ca. 10 %. Sesongmessig fordeler dette seg slik:

- Vinter: +30 %
- Vår: +25 %
- Sommer: 0 %
- Høst: +5 %

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørintensiteten for døgn med kraftig

KLIMAPROFIL VESTFOLD

nedbør forventes å øke med ca. 15 %. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døgnnedbør. Inntil videre foreslås det et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med kortere varighet enn 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø i lavereliggende områder. I lavtliggende kystområder vil snøen bli nesten borte i mange år, men det vil fortsatt være enkelte år med betydelig snøfall også her. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens mer nedbør som regn vil føre til at regnflommene blir større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og i små bratte vassdrag som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. For Vestfold er anbefalt klimapåslag på flomvannføring i alle vassdrag minst 20 %. Det skal tas hensyn til flomfare i et endret klima ifølge TEK10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

Numedalslågen er Vestfolds største elv. Nedbørfeltet dekker drøyt 5500 km² og vassdraget har sitt utspring på Hardangervidda i Buskerud og munner ut ved Larvik. Vassdraget er sterkt regulert med store magasiner blant annet i Tunhovdfjorden og Pålbufjorden. I Numedalslågen er vårflommen med hovedbidrag fra snøsmelting, vanligvis årets

største flom. Imidlertid kan også rene regnflommer bli svært store og gi skade. Målinger viser at Numedalslågen nedenfor reguleringene kan få stor flomvannføring forårsaket av mye regn og stort lokaltilsig. I de mindre elvene i Vestfold for øvrig, er det gjerne regnflommer om sommeren og høsten som er årets største flom. I enkelte tilfeller gir også snøsmelting et bidrag til høstflommene.

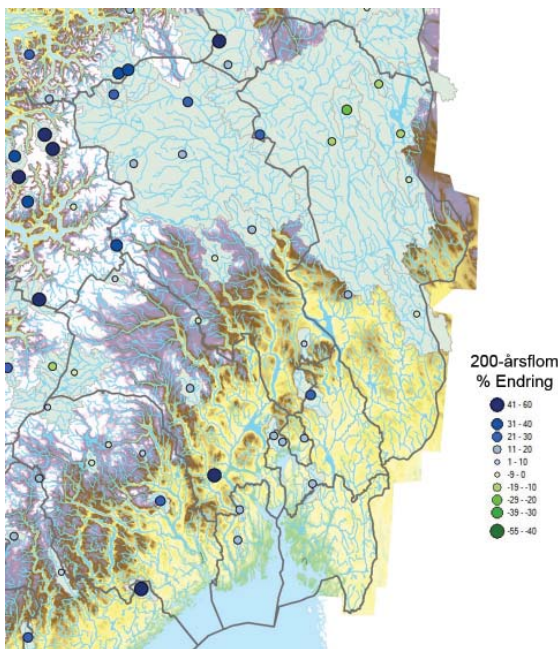
I Vestfold er det flere byer og tettsteder. Flomskadene kan bli relativt store både på bebyggelse og jordbruksområder. Dessuten skaper flom ofte problemer for fremkommelighet på vegnettet. Sideelver og bekker som bryter ut av sitt normale løp kan være en viktig skadeårsak i flomsituasjoner. Skadepotensialet er spesielt stort når elva går gjennom tettsteder og byggefelt. Mange norske byggefelt er anlagt på skredvifter rundt småelver og på dalfyllinger i leirjordsområder. Skadene her skyldes ofte oversvømmelse eller erosjon/graving. Ved NVEs målestasjoner i Numedalslågen, er det registrert flere store flomhendelser på slutten av 1800-tallet og begynnelsen av 1900-tallet. Ved målestasjonen Holmfoss i Vestfold som ble opprettet i 1970, er en regnflom i juli 2007 på drøyt 1000 m³/s, den største siden registreringene startet. Flommen gav relativt store skader, men i et historisk perspektiv var ikke denne flommen ekstrem. I september 2015 ble det målt ca. 950 m³/s ved Holmfoss. Også dette var en ren regnflom som forårsaket en del stengte veier og oversvømte jordbruksarealer.

Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at vannføringen i Vestfold i perioden 1985-2014 er noe større enn perioden 1971-2000. Vannføringen har økt i alle årstider.

Fremtidige endringer

Selv om nedbøren øker, fører høyere temperatur og dermed økt fordampning til en forholdsvis liten økning i gjennomsnittlig årlig vannføring i Vestfold. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan derfor bli store: Om vinteren forventes noe økning i vannføring fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

stedet for snø. Både vår, sommer og høst forventes det redusert vannføring. Denne reduksjonen skyldes dels økt fordampning, og for våren også redusert snøsmelting.

Beregningene viser at også de ekstreme vannføringene vil endre seg; se figur 2 som viser endring i 200-års flom. Klimaendringer i form av mer intense nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn i stedet for snø forventes å endre flomregimet i Vestfold fram mot 2100:

- Snøsmelteflommene i Numedalslågen vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret. Flere store skadeflommer i nedre del av Numedalslågen har vært rene regnflommer og etter hvert vil regnflommer dominere helt. Det anbefales derfor et klimapåslag på minst 20 % på flomvannføringen i Numedalslågen i Vestfold.
- Nedbøren er forventet å øke. I lavereliggende elver, inkludert sideelver til hovedløpet av Numedalslågen, hvor årets største flom i dag er en regnflom, forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med minst 20 % økning i flomvannføringen.
- I mindre vassdrag (elver og bekker) som

reagerer raskt, og i tettbygde strøk vil mer intens lokal nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man også forvente minst 20 % økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier.

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring i alle vassdrag i Vestfold er minst 20%.

Flomfarekart i Vestfold

NVE kartlegger flomfaren langs vassdrag med størst skadepotensial. NVE har ikke utarbeidet flomfarekart (flomsonekart) for noen vassdragsstrekninger i Vestfold.

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Med økende temperatur forventes fordampningen å øke. Ettersom sommernedbøren i Vestfold beregnes å være uendret i forhold dagens klima, er det økt sannsynlighet for lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for skogbrann mot slutten av århundret og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning.

2.3 Isgang

Isen i elvene i Vestfold smelter stort sett vekk på stedet. Det er få isganger av betydning, hovedsakelig vinterisganger, og generelt er det lite skader. Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is. Vinterisganger vil ennå skje i elver i innlandet, men ismengdene vil være mindre enn i dag. Elvene ved kysten vil ha lite is.

2.4 Erosjon

Drenering og grøfting av landbruksområder kan medføre økt erosjon i nedenforliggende områder i tiden etter at dreneringsarbeidet er utført. Dette har sammenheng med at dreneringsarbeidet fører til en raskere avrenning og skarpere flomtopper. Økt nedbør, hyppigere forekomst av intens nedbør og større flommer forventes å føre til økt jorderosjon og avrenning fra dyrket mark. Elveløpserosjonen vil også øke i små vassdrag på arealer med løsmasser.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/flom og snøfall. Dette gjelder først og fremst jordskred, flomskred, og sørpeskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er derfor best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene.

Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart er ikke utarbeidet av NVE for områder i Vestfold. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For enkelte kommuner i Vestfold finnes det også lokale faresonekart for skred i bratt terreng som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

3.1 Kvikkleireskred

De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men kan også påvirkes av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred. *I Vestfold som har store kvikkleireforekomster, er det spesielt grunn til å være oppmerksom på dette.*

For kvikkleireskredfare utgjør marin grense en øvre grense for hvor det kan inntreffe kvikkleireskred. Store deler av Vestfold ligger under marin grense og mange områder kan dermed ha mulig fare for kvikkleireskred. For Tønsberg, Stokke, Sandefjord, Sande, Re, Larvik, Lardal, Horten og Holmestrand kommuner er det utført nasjonal kartlegging av områder med fare for store kvikkleireskred. Det må gjøres en vurdering av fare for kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen. Kvikkleireskred i bebygde områder kan medføre store økonomiske konsekvenser, samt fare for liv og helse.

3.2 Jord-, flom- og sørpeskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord-, flom- og sørpeskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirk-

ning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12]. Sørpeskred som har høyt vanninnhold og kan gå i svært slakt terreng, vil i enkelte tilfeller kunne rekke utenfor disse aktsomhetsområdene.

3.3 Snøskred (løssnøskred, flakskred)

Med et varmere og våtere klima vil det oftere falle regn på et snødekket underlag. Dette kan på kort sikt føre til økt skredfare, men ikke på de store, sjeldne snøskredene som omfattes av aktsomhetskartene. Faren for snøskred er generelt liten i Vestfold i dag, og faren blir enda mindre på lengre sikt på grunn av reduserte snømengder.

3.4 Andre skredtyper (Steinsprang, steinskred og fjellskred)

Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av mindre steinspranghendelser. Ut over dette vil faren for disse skredtypene være liten eller svært liten i Vestfold.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse i områder der en i dag ikke har registrert skader.

I veilederen «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for alle kystkommuner i Vestfold. I beregningene er det tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke fra 53-61 cm (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstuvning. I rapporten er det gitt eksempler på hvordan tallene skal brukes i planlegging.

5. Overvann

De største skadene på bebyggelse og infrastruktur i Vestfold oppstår gjerne i forbindelse med kraftig kortvarig nedbør som gir store mengder overvann og urbanflommer. Tette flater som asfalterte veier og parkeringsplasser gir raskere avrenning enn naturlige flater, og fører til økt flomfare i bekker og vassdrag dersom vannet ledes for raskt ut i vassdragene.

Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

[1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven

[2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no

[3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - regjeringen.no

[4] Byggteknisk forskrift (TEK10)

[5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016

[6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)

[7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015

[8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal

[9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014

[10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014). Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014

[11] Øydvin, E. K. m. fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi. NVE Rapport 14-2011

[12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019

[13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo - samfunnssikkerhet i kommunal planlegging

[14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

Klimaprofil

Østfold

Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning

Februar 2017
Oppdatert juli 2017



Overvann på et jorde i Skjeberg 19. januar 2008, Sarpsborg kommune. Foto: Steinar Wiggo Bodal

Klimaprofilen gir et kortfattet sammendrag av klimaet, forventede klimaendringer klimautfordringer i Østfold. Den er ment som kunnskapsgrunnlag og hjelpemiddel i overordnet planlegging, samt som supplement til Klimahjelperen [1]. Klimaprofilen gir en oversikt over klimarelaterte problemstillinger og opplysninger om hvor en kan få mer detaljert informasjon om disse. Mye av informasjonen i klimaprofilen er hentet fra «Klima i Norge 2100» [2], og har fokus på endringer frem mot slutten av århundret (2071-2100) i forhold til 1971-2000. De menneskeskapte klimaendringene vil fortsette også etter 2100 dersom ikke utslippene reduseres vesentlig.

I klimaprofilen beskrives forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning [3] sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimafremskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenarioet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene. «Klima i Norge 2100» [2] inkluderer også klimafremskrivninger basert på såkalte middels og lave utslipp. For samme klimagassutslipp vil ulike klimamodeller gi forskjellig resultat. I klimaprofilen beskrives en midlere verdi fra ulike modeller. Spredningen i resultater er beskrevet nærmere i «Klima i Norge 2100».

På klimaservicesenter.no er det gitt detaljerte data for midlere verdier og spredning for alle årstider, og for ulike klimagassutslipp både frem til 2031-2060 og til 2071-2100.

På klimatilpasning.no finner du veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning.

Klimaendringene vil for Østfold særlig føre til behov for tilpasning til kraftig nedbør (kap. 1.2) og økte problemer med overvann (kap. 5); havnivåstigning og stormflo (kap. 4); endringer i flomforhold og flomstørrelser (kap. 2); og jord- og flomskred (kap. 3.2). Klimaendringer med økt flom og erosjon kan også føre til flere kvikkleireskred (kap. 3.1).



ØKT SANNSYNLIGHET

 Kraftig nedbør	Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. Dette vil også føre til mer overvann
 Regnflom	Det forventes flere og større regnflommer, og i mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringen
 Jord- og flomskred	Økt fare som følge av økte nedbørmengder
 Stormflo	Som følge av havnivåstigning forventes stormflonivået å øke



MULIG ØKT SANNSYNLIGHET

 Tørke	Til tross for mer nedbør, kan høyere temperaturer og økt fordampning gi økt fare for tørke om sommeren
 Kvikkleireskred	Økt erosjon som følge av kraftig nedbør og økt flom i elver og bekker kan utløse flere kvikkleireskred

UENDRET ELLER MINDRE SANNSYNLIGHET

 Snøsmelteflom	Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bortsett fra i Glomma, bli nesten borte mot slutten av århundret
 Isgang	Kortere isleggingsesong. Ennå vinterisganger i innlandet, men mindre ismengder. Nesten isfrie elver nær kysten

USIKKERT

 Sterk vind	Trolig liten endring
 Steinsprang og steinskred	Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av disse skredtypene, men hovedsakelig for mindre steinspranghendelser

Tabell 1. Sammendrag som viser forventede endringer i Østfold fra 1971-2000 til 2071-2100 i klima, hydrologiske forhold og naturfarer som kan ha betydning for samfunnssikkerheten.

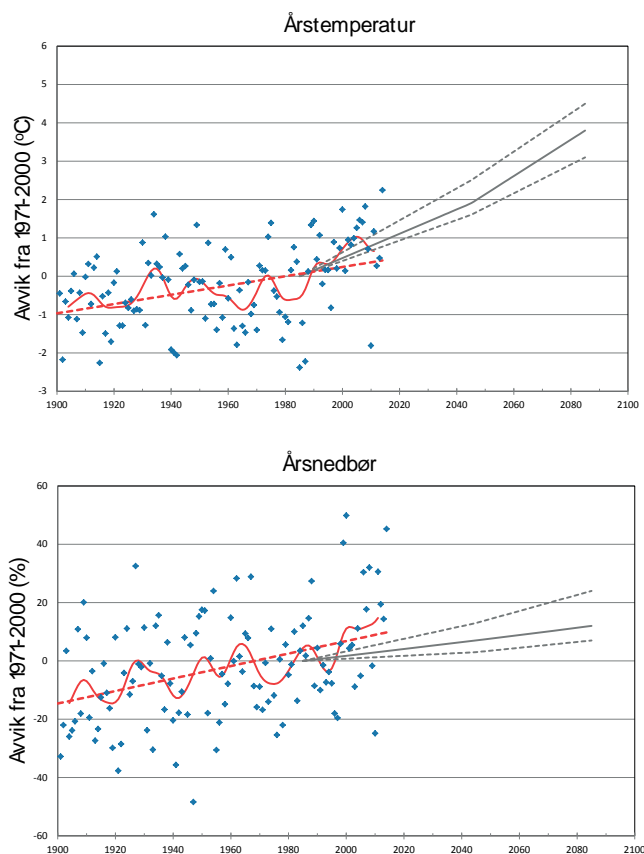
1. Klimaet og klimaendringer i Østfold

Det er forholdsvis små klimaforskjeller mellom ulike deler av Østfold. Fylket er det tredje minste i areal, relativt flatt, med høyeste punkt på 336 moh. Gjennomsnittlig årstemperatur er ca. 7 °C i ytre kyststrøk mot Oslofjorden, og ca. 5 °C i indre områder. Årsnedbøren i ulike deler av fylket ligger i hovedsak mellom 700 og 900 mm. Det forventes ikke at det storstilte klimamønsteret endres vesentlig. Det beregnes at årstemperaturen i Østfold fra 1971-2000 til 2071-2100 vil øke med ca. 4 °C; med størst økning om vinteren og minst om sommeren. Årsnedbøren er beregnet å øke med ca. 10 %, med størst økning vinter og vår. Episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet. For vind viser beregningene små endringer, men usikkerheten er stor.

1.1 Temperatur

Gjennomsnittlig årstemperatur i Østfold er beregnet å øke med ca. 4,0 °C. Den største temperaturøkningen beregnes for vinteren, ca. 4,5 °C, mens sommertemperaturen er beregnet å øke med ca. 3,0 °C. Vekstsesongen vil øke med 1-3 måneder, og mest i sørlige deler av fylket. Vinterstid vil dagene med svært lav temperatur bli sjeldnere, mens det sommerstid blir vesentlig flere dager med middeltemperatur over 20 °C. Temperaturendringene forventes ikke i seg selv å få vesentlige konsekvenser for den kommunale planleggingen, men de kan gi effekter i kombinasjon med endringer i andre klimaelementer, for eksempel nedbør.

Figur 1 viser avvik i årstemperatur (°C) og årsnedbør (%) fra gjennomsnittsverdi for perioden 1971-2000. Dersom man kjenner disse gjennomsnittsverdiene for et sted, kan figuren brukes til å gi en indikasjon på hvor høye og lave årsverdiene for temperatur og nedbør har vært for perioden 1900-2014, og hvilke verdier som kan forventes mot slutten av dette århundret. For enkelte steder i Østfold er disse



Figur 1. Historiske og beregnede fremtidige avvik fra gjennomsnittsverdier (1971-2000) for årstemperatur og årsnedbør i Østfold. Blå prikker viser observerte avvik for enkeltår i perioden 1900-2014, stiplet rød strek er observert trend, mens rød kurve viser glattede 10-års variasjoner. Heltrukken grå strek og stiplede grå streker viser hhv. midlere, lav og høy modellberegning for høye klimagassutslipp.

gjennomsnittverdiene for temperatur/nedbør for perioden 1971-2000:

- Hvaler 7,3 °C / 755 mm
- Halden 6,8 °C / 805 mm
- Fredrikstad 6,8 °C / 825 mm
- Sarpsborg 6,6 °C / 880 mm
- Moss 6,5 °C / 810 mm
- Askim 5,4 °C / 820 mm
- Ørje 5,0 °C / 835 mm

1.2 Nedbør

Årsnedbøren i Østfold er beregnet å øke med ca. 10 %. Sesongmessig fordeler dette seg slik:

- Vinter: 25 %
- Vår: 25 %
- Sommer: 10 %
- Høst: 10 %

Det er forventet at episoder med kraftig nedbør øker vesentlig både i intensitet og hyppighet i alle årstider. Dette vil stille større krav til overvannshåndteringen i fremtiden. Nedbørmengden for døgn med kraftig nedbør forventes å øke med ca. 20 %. For varigheter kortere enn ett døgn, er det indikasjoner på større økning enn for døgnnedbør. Inntil videre foreslås det et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med kortere varighet enn 3 timer.

1.3 Vind

Klimamodellene gir liten eller ingen endring i midlere vindforhold i dette århundret, men usikkerheten i fremskrivningene for vind er stor. Det viktigste for kommuner er at kunnskap om lokale vindforhold tas med i planleggingen.

1.4 Snø

Det beregnes en betydelig reduksjon i snømengdene og antall dager med snø, med opptil 1-3 måneder kortere snøsesong. Reduksjonen blir størst i lavereliggende strøk, og der dagens vintertemperatur ligger rundt 0 °C. Det vil bli flere smelteepisoder om vinteren som følge av økning i temperaturen.

2. Effekter på hydrologi

Gradvis reduserte snømengder vil gi gradvis mindre snøsmelteflommer, mens økt nedbør vil føre til at regnflommene blir større. Økt forekomst av lokal, intens nedbør øker sannsynligheten for flom i tettbygde strøk og i små kystnære vassdrag som reagerer raskt på regn. Man må være spesielt oppmerksom på at mindre bekker og elver kan finne nye flomveier. Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 0 % i hovedløpet til Glomma, og minst 20 % for andre nedbørfelt. Det skal tas hensyn til flomfare i et endret klima ifølge TEK10 [4].

2.1 Flom og vannføring

Dagens forhold

Flomforholdene i Østfold har ulik karakter avhengig av elvenes størrelse og beliggenhet, og kan deles i to ulike flomregimer: 1. Mindre elver og vassdrag med utspring i eller nær Østfold; og 2. Glommavassdraget som har utspring i høyfjellsområder. I mindre vassdrag i Østfold er de største flommene forårsaket av kraftig nedbør om sommeren og høsten. Årets største flom i Glommavassdraget er en snøsmelteflom om våren, ofte kombinert med mye nedbør, mens den nest største flommen typisk er en regnflom om høsten. De største og mest kjente snøsmelteflommene i Glomma skjedde i 1789 (Storofsen) og i 1995 (Vesleofsen), og i begge disse hendelsene var det også kraftig nedbør i vassdraget. Den største observerte høstflommen i Glomma, gjennom Østfold, skjedde i oktober 1987. Dette var en regnflom, men den var ikke spesielt stor i Østfold sammenlignet med de største vårflommene i Glomma. Det er ikke uvanlig med lav vannføring i de mindre elvene, samtidig som det er vårflom i Glomma.

I Østfold er det flere byer og tettsteder i tillegg til mye spredt bebyggelse og jordbruk. Flomskadene kan derfor bli relativt store både på bebyggelse, infrastruktur og jordbruksområder. Oversvømmelser skaper i tillegg problemer for fremkommelighet på vegnettet og mulig fare for forurensning av drikkevann.

Skadepotensialet er spesielt stort når elver og bekker går gjennom tettsteder og byggefelt. Elver og bekker i tettbygde strøk er ofte påvirket av en rekke inngrep som kan forsterke faren for oversvømmelser og for at vannet tar nye veier. Sideelver som bryter ut av sitt normale løp kan være en viktig skadeårsak. Mindre elver og bekker i bratt terreng, som responderer raskt på nedbør, er dessuten svært utsatt for erosjon, massetransport og masseavlaging, som igjen kan føre til økte skader.

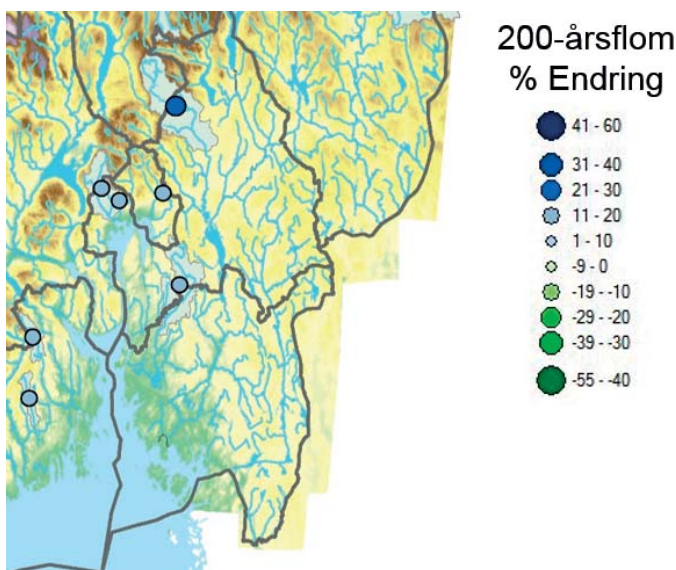
Observerte endringer

Basert på utvalgte målestasjoner er det beregnet at årsvannføringen i Østfold i perioden 1985-2014 var noe større enn i perioden 1971-2000. Vannføringen

har økt i alle sesonger, men den prosentvise økningen har vært størst om høsten og vinteren.

Fremtidige endringer

I Østfold forventes gjennomsnittlig årlig vannføring å øke noe, fordi nedbøren øker. Økt temperatur vil også påvirke vannføringen gjennom året fordi den påvirker både snøakkumulasjon, snøsmelting og fordampning. Endringene i en bestemt sesong kan



Figur 2. Forventet median prosentvis endring i 200-års flom fra 1971-2000 til 2071-2100 [5].

derfor bli store: Om vinteren forventes noe økning i vannføring, fordi nedbøren øker og mer vil komme som regn i stedet for snø. Både vår, sommer og høst forventes det redusert vannføring. Denne reduksjonen skyldes dels økt fordampning, og for våren også redusert snøsmelting.

Beregningene viser at også de ekstreme vannføringene i sørøst-Norge vil endre seg (figur 2). Klimaendringer i form av mer intense nedbør-episoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn i stedet for snø forventes å endre flomregimet i Østfold frem mot 2100:

- Det forventes ikke større flommer i Glomma, som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Her vil snøsmelteflommene komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret.

- Nedbøren forventes å øke og en stadig større andel vil komme som regn. I uregulerte vassdrag i Østfold som i dag har store regnflommer, forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen.
- I mindre elver og bekker som reagerer raskt på kraftig regn, og i tettbygde strøk med tette flater vil mer intens lokal nedbør skape særlige problemer. Man må forvente minst 20 % økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver og bekker kan finne nye flomveier.

Anbefalt klimapåslag på flomvannføring er 0 % i hovedløpet til Glomma, og minst 20 % for andre nedbørfelt.

Flomfarekart i Østfold

Det er laget flomfarekart (flomsonekart) for flere strekninger i Glomma og Mosseelva. De er tilgjengelige digitalt på NVEs kartkatalog. Anbefalt klimapåslag i parentes.

- Glomma nedstrøms Sarpsfossen: Flomsonekart Fredrikstad og Sarpsborg (0 %).
- Vansjø og Mosseelva: Flomsonekart Moss og Rygge (20 %).

Dersom flomfarekart ikke finnes, gjelder anbefalingene som står i NVEs Retningslinje 2-2011 [6] for dagens klima, også for fremtiden. Det vil i de fleste tilfeller være tilstrekkelig å sette av soner på minimum 20 meter på hver side av bekker og 50-100 meter på hver side av elver for å dekke områder med potensiell flomfare. På flate elvesletter vil flommen ha større utstrekning. Kapittel 5 i Retningslinje 2-11 [6], beskriver hvordan man kan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen. For flom i små vassdrag har NVE laget en egen Veileder 3-2015 [7] som beskriver hvordan man kan identifisere og kartlegge flomutsatte områder langs bekker.

2.2 Tørke

Selv om sommernedbøren i Østfold forventes å øke noe, vil snøsmeltingen foregå tidligere og fordampningen øke både om våren, sommeren og

høsten. Dermed er det sannsynlig at man kan få lengre perioder med liten vannføring i elvene om sommeren, lengre perioder med lav grunnvannstand og større markvannsunderskudd. Dette medfører noe økt sannsynlighet for skogbrann mot slutten av århundret og kan også gi et økt behov for jordbruksvanning.

2.3 Isgang

Isen i elvene i Østfold smelter stort sett vekk på stedet. Det er få isganger av betydning, hovedsakelig vinterisganger, og generelt er det lite skader. Klimaendringer med økt temperatur gir kortere perioder med is. Vinterisganger vil ennå skje i elver i innlandet, men ismengdene vil være mindre enn i dag. Elvene nær kysten vil bli nesten isfrie.

3. Effekter på skred

Skredfaren er sterkt knyttet til lokale terrengforhold, men været er en av de viktigste utløsningsfaktorene for skred. I bratt terreng vil klimautviklingen kunne gi økt hyppighet av skred som er knyttet til regnskyll/flom og snøfall. For Østfold gjelder dette først og fremst jordskred og flomskred. Det er derfor grunn til økt aktsomhet mot disse skredtypene. Ved utredning og kartlegging av skredfare i forbindelse med arealplanlegging og utbygging er det viktig at alle typer skred vurderes nøye i tråd med kravene i TEK 10s § 7.3 [4] og plan- og bygningsloven §28-1 om sikker byggegrunn mot naturfare [8]. NVEs retningslinje 2-2011 [6] og NVEs veileder 8-2014 «Sikkerhet mot skred i bratt terreng» [9], samt NVEs veileder 7-2014 «Sikkerhet mot kvikkleireskred» [10], gir veiledning om utredning av fare for ulike skredtyper. Det er likevel ikke grunn til å anta at de sjeldne, svært store skredene, vil bli større eller skje hyppigere. For utredning av fare for skred trengs det derfor ingen ekstra sikkerhetsmargin på kravene som er beskrevet i TEK10 [4] og i [6].

Aktsomhetskart for skred finnes under «Naturfare» på NVE-Atlas og på NVEs Kartkatalog. Kartene er landsdekkende og utarbeidet med bakgrunn i en landsdekkende høydemodell. Mindre skråninger med høydeforskjell mellom 20-50 meter blir

ikke fanget opp i kartleggingen. Disse kartene viser derfor kun potensiell fare, og er best egnet som en første utsjekk på overordnet plannivå. For områder som er dekket av NGIs kart for snø- og steinskred anbefales disse benyttet i stedet for de nasjonalt dekkende aktsomhetskartene. Ytterligere informasjon om nasjonal kartlegging og de ulike skredtypene finnes på NVEs nettsider.

NVE sammenstiller faresonekart for skred i bratt terreng, også fra andre aktører. En oversikt finnes her: <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/>. Kartene viser faresoner for 100-, 1000- og/eller 5000-års skred. Slike kart er ikke utarbeidet av NVE for kommuner i Østfold. Plan for skredfarekartlegging 14-2011 [11], danner grunnlag for NVEs prioritering av kartlegging av ulike typer skred. For skred i bratt terreng finnes det for enkelte kommuner også faresonekart som er utarbeidet i forbindelse med tidligere plan- og byggesaker. Statens Vegvesen og Bane NOR (tidl. Jernbaneverket) kan også ha utført kartlegginger av skred i bratt terreng langs deler av vei- og jernbanenettet.

Faresonekart for kvikkleire er utarbeidet av NVE for kommunene Askim, Eidsberg, Fredrikstad, Halden, Hobøl, Rakkestad, Rygge, Råde, Sarpsborg, Skiptvedt, Spydeberg, Trøgstad og Våler. Noen kommuner har også utarbeidet egne faresonekart for kvikkleire. Statens Vegvesen har også utført kartlegginger av kvikkleire langs deler av veinettet i Østfold.

3.1 Kvikkleireskred

Landskapet i Østfold er småkupert med mange små lommer av marine avsetninger (silt og leire) innimellom bart fjell. Dette tilsier at det kan finnes kvikkleire i de aller fleste områder i Østfold. Kvikkleire utgjør derfor en særlig risiko.

De fleste kvikkleireskred utløses av menneskelig aktivitet, men kan også påvirkes av erosjon i elver og bekker. Økt erosjon som følge av hyppigere og større flommer kan utløse flere kvikkleireskred pga. utglidninger, spesielt langs elver som responderer raskt på nedbør og der vannstanden kan gå raskt opp og ned. Det må gjøres en vurdering av fare for

kvikkleireskred for utbygging i områder med marine avsetninger. Det er viktig å være oppmerksom på at det kan skje skred også utenfor kartlagte faresoner, dersom det er kvikkleire i grunnen.

3.2 Jord- og flomskred

Det er særlig grunn til økt aktsomhet mot skredtypene jord- og flomskred fordi disse skredtypene kan bli både vanligere og mer skadelige. Klimautviklingen vil likevel ikke ha noen innvirkning på aktsomhetsområdene som er markert på de nasjonale aktsomhetskartene for jord- og flomskred [12].

3.3 Andre skredtyper [Steinsprang, steinskred, fjellskred, snøskred og sørpeskred]

Hyppigere episoder med kraftig nedbør vil kunne øke hyppigheten av mindre steinspranghendelser. Ut over dette vil faren for disse skredtypene være liten eller svært liten i Østfold.

4. Havnivå, stormflo og bølgepåvirkning

Havnivåstigningen kan føre til at stormflo og bølger strekker seg lenger inn på land enn hva som er tilfelle i dag. Dette kan føre til skader på bebyggelse og infrastruktur på grunn av oversvømmelse også i områder hvor en i dag ikke har registrert skader. I veilederen «Havnivåstigning og stormflo» [13] er det gitt tall for ulike returnivåer for stormflo og havnivåstigning med klimapåslag for kystkommunene i Østfold. I beregningene er det tatt hensyn til landhevning. Basert på høye klimagassutslipp og beregninger for perioden 2081-2100, er det anbefalt å bruke 50-54 cm for Østfold (avhengig av kommune) som tillegg for havnivåstigning med klimapåslag. I tillegg må det gjøres egne vurderinger for bølge- og vindoppstuvning. I veilederen er det gitt eksempler på hvordan tallene skal brukes i planlegging.

5. Overvann

De største skadene på bebyggelse og infrastruktur i Østfold oppstår gjerne i forbindelse med kraftig kortvarig nedbør som gir store mengder overvann og urbanflommer. Slik intens nedbør av mer lokal karakter, forårsaker nesten årlig stengte veier og skader i fylket. Tette flater som asfalterte veier, parkeringsplasser og store takflater gir raskere avrenning enn naturlige flater, og fører til økt flomfare i bekker og vassdrag dersom vannet ledes for raskt ut i vassdragene. Et eksempel på skadeflom fra et mindre vassdrag er storflommen i april 2000, hvor bl.a. Mosseelva flommet over ved Nesparken.

Episoder med kraftig nedbør ventes å øke vesentlig både i intensitet og hyppighet, og som nevnt i avsnitt 1.2 om nedbør anbefales det inntil videre et klimapåslag på minst 40 % på regnskyll med varighet under 3 timer. Utfordringene med overvann ventes å bli større enn i dag, og det er derfor viktig å ta hensyn til dette i overvannsplanleggingen. Norsk Vann har utgitt en veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering [14].

Litteratur:

(I nettversjonen av klimaprofilen på klimaservicesenter.no er det aktive lenker til bakgrunnsdokumentene.)

- [1] DSB TEMA/Klimahjelperen (2015). En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven
- [2] Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100 Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015 - klimaservicesenter.no
- [3] Meld. St. 33 (2012-2013). Klimatilpasning i Norge - regjeringen.no
- [4] Byggteknisk forskrift (TEK10)
- [5] Lawrence, D. (2016). Klimaendringer og fremtidige flommer. NVE Rapport 81-2016
- [6] NVE (2014). Flaum- og skredfare i arealplanar. Retningslinje 2-2011 (revidert 22.05.2014)
- [7] NVE (2015). Flaumfare langs bekker. Rettleiar 3-2015
- [8] Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) Fjerde del: Byggesaksdel Kapittel 28. Krav til byggetomta og ubebygde areal
- [9] Schanche, S. (red.) (2014). Sikkerhet mot skred i bratt terreng. NVE Veileder 8-2014
- [10] Schanche, S. og Davis Haugen, E.E. (red.) (2014) Sikkerhet mot kvikkleireskred. NVE Veileder 7-2014
- [11] Øydvin, E.K. m.fl. (2011). Plan for skredfarekartlegging, Status og prioriteringer innen oversiktskartlegging og detaljert skredfarekartlegging i NVEs regi, NVE Rapport 14-2011
- [12] Fischer, L. m.fl. (2014). Aktsomhetskart jord - og flomskred: Metodeutvikling og landsdekkende modellering. NGU rapport nr. 2014.019
- [13] DSB TEMA (2016). Havnivåstigning og stormflo - samfunnssikkerhet i kommunal planlegging
- [14] Lindholm, O. m.fl. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. Norsk Vann rapport 162/2008

KLIMAPROFILER FOR FYLKER

