

Analyse av klimautvikling i kyst- og innlandsregionen i Rogaland – temperatur, nedbør og vind

Anbefalinger om veien videre

Stephanie Mayer¹, Gunnar Livik², Marie Pontoppidan¹, Line Båserud², Tyge Løvset¹

1: Norwegian Research Centre (NORCE); 2: Meteorologisk Institutt (MET)



Bilde: Marie Pontoppidan

Prosjekttittel: Utredning av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland – utfordringer, muligheter og prioriteringer – del 3

Prosjektnummer: 101916

Institusjon: NORCE Norwegian Research Centre

Oppdragsgiver(e): Rogaland fylkeskommune og Vestlandsforskning

Gradering: Åpen

Rapportnr.: 1-2020

ISBN: 978-82-8408-059-8

ISSN: -

Antall sider: 29

Publiseringsmnd.: Januar 2020

Sitering: Mayer, S., Livik, G., Pontoppidan, M., Båserud, L., & Løvset, T., 2020. Analyse av klimautvikling i kyst- og innlandsregionen i Rogaland – temperatur, nedbør og vind – *Anbefalinger om veien videre, NORCE rapport, Klima 1-2020.*

Bildekreditering: Forsidebildet er tatt av Marie Pontoppidan (NORCE).

Revisjoner

Rev.	Dato	Forfatter	Kontrollert av	Godkjent av	Årsak til revisjon

Bergen, 31. januar, 2020



Stephanie Mayer
Delprosjektleder

Erik Kolstad
Kvalitetssikrer

Trond Dokken
Leder

FORORD

Rogaland fylkeskommune ønsket å få utredet konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland med fokus på utfordringer, muligheter og prioriteringer. Vestlandsforskning leder prosjektet og det ble inngått avtale med Vestlandsforskning om å gjennomføre en utredning på del 3 i prosjektet, som har resultert i den foreliggende rapporten. Arbeidet er utført som et samarbeid mellom NORCE og Meteorologisk Institutt.

Ved Meteorologisk Institutt har Gunnar Livik hatt ansvar for analyse av meteorologiske observasjonsdata, med hjelp fra Line Båserud, i tillegg til å gi en kort beskrivelse av historisk vær og klima i Rogaland. Ved NORCE har Marie Pontoppidan analysert data fra klimamodeller. Tyge Løvset har skrevet om karttjenesten Geonorge. Stephanie Mayer har skrevet om usikkerhet i klimaframskrivninger og hatt ansvar for sammenstillingen av bidragene i samarbeid med øvrige prosjektdeltakere.

En stor takk går til Carlo Aall (Vestlandsforskning), Marta K. Jansen (Vestlandsforskning) og Elin Valand (Rogaland Fylkeskommune) for nyttige innspill underveis.

Faglig kvalitetssikrer for delprosjektet har vært Erik Kolstad ved NORCE Klima og Bjerknessenteret for klimaforskning.

Prosjektet er finansiert med midler fra Rogaland fylkeskommune og Miljødirektoratet.

Bergen, 31. januar 2020

Stephanie Mayer, delprosjektleder

INNHOLD

1	BAKGRUNN FOR PROSJEKTET	5
2	INTRODUKSJON	5
2.1	Vær og klima i Rogaland.....	5
2.2	Klimamodeller	6
3	OBSERVERT OG FRAMTIDIG KLIMA	6
3.1	Temperatur	6
3.2	Nedbør.....	7
3.3	Vind	8
3.4	Observert klimautvikling i Rogaland	9
3.5	Forventede klimaendringer i Rogaland under et høyt utslippsscenario	11
3.6	Usikkerhet i klimaframskrivninger	12
4	KORTTIDSNEDBØRMÅLER	14
5	DIGITALE VERKTØY.....	15
6	VEIEN VIDERE	16
7	REFERANSER OG VIDERE LESING	18
	APPENDIKS.....	20

1 BAKGRUNN FOR PROSJEKTET

Rogaland fylkeskommune har gitt i oppdrag å utrede konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland - utfordringer, muligheter og prioriteringer. Denne delrapporten svarer på en justert del 3 i prosjektet som opprinnelig hadde som formål å skissere en metode for utarbeiding av lokale klimaprofiler. På samlingen 27. november i Stavanger justerte prosjektdeltakere sammen med oppdragsgiveren del 3 i prosjektet. Dette har ført til at denne delrapporten består av 3 tema: En analyse av observert og simulert klima med fokus på meteorologiske variabler som temperatur, nedbør og vind (seksjon 3), en anbefaling om å sette opp korttidsnedbørmåler i innlandet (seksjon 4) og en oversikt over tilgjengelige digitale verktøy (seksjon 5). I den avsluttende seksjonen 6 skisseres veien videre. Dette analysearbeidet skal til sist bidra til å diskutere mål og strategier i regionalplan, og tiltak til handlingsplan i Rogaland.

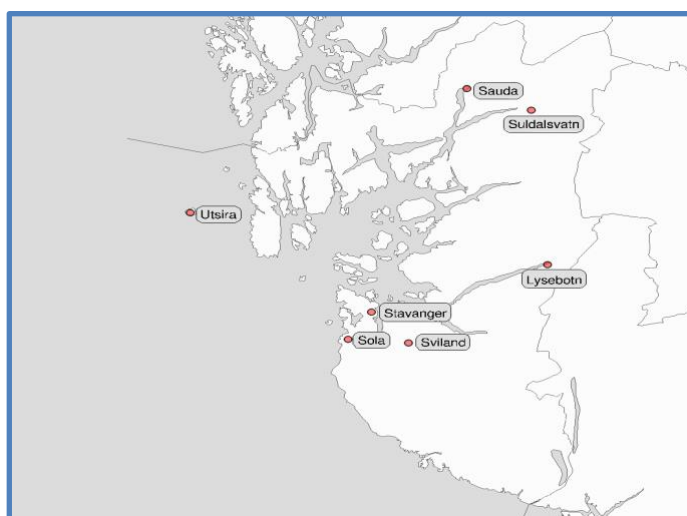
2 INTRODUKSJON

2.1 Vær og klima i Rogaland

Landskapet spiller en viktig rolle for hvordan *værforhold* oppleves på et sted (Nitter, 2009). Været er sammensatt av flere storskala- til lokale faktorer. Lokale faktorer er region, storstilt topografi (kyst - indre fjordstrøk - innlandet - fjellet), småstilt topografi (flatt - hellende - kupert) og overflateegenskaper (vann - skog - vegetasjonsløst - sand). Breddegrad, værmønster (lavtrykk - høytrykk) og årstidsvariasjoner er knyttet til det *storstilte været*. For å skille mellom vær og klima er tidsperioden en viktig faktor. Været skjer på en tidsskala fra minutt til dager, mens klima er gjennomsnittlig vær på en tidsskala over flere tiår.

Rogaland fylke har et relativt mildt og fuktig klima. Regionen er som resten av Vestlandet påvirket av lavtrykk som oftest kommer inn fra vest og sørvest. Disse bringer med seg fuktig luft og avgir nedbør. Vær og klima i Rogaland er preget av lavtrykkene, men også av samspillet mellom værsystemene og det varierte terrenget i området.

De viktigste meteorologiske variabler som beskriver vær på et sted er temperatur, nedbør og vind. Disse variablene er observert ved stasjoner vist i Figur 1.



Figur 1: Meteorologiske stasjoner i Rogaland.

2.2 Klimamodeller

For å beregne klimaendringer brukes klimamodeller. I de fleste klimamodeller beskrives kun storskala faktorer, mens i regionale klimamodeller beskrives også til dels lokale faktorer knyttet til region, storstilt topografi og i noen grad overflateegenskaper, men ikke lokale faktorer som småstilt topografi. Det er derfor ikke mulig å beregne eksplisitt hvordan klimaforhold ved et sted vil endre seg de neste tiårene. Derimot er det mulig å gi et gjennomsnittlig regionalt estimat om og hvordan variabler som temperatur, nedbør og vind kan endre seg ved et gitt utslippsscenario. Fagekspertene som oseanografer, hydrologer og geologer kan beregne estimat på hvordan klimaendringer påvirker havnivå langs kysten, flomfare ved vassdrag og skredfare i bratt terreng. Slike regionale estimeringer er gitt i form av klimaprofiler for alle fylker i Norge (Hisdal m.fl., 2017).

I påfølgende seksjon 3 vises informasjon om observert lokal klimautvikling fram til i dag og om beregnet utvikling mot slutten av århundret under et høyt utslippsscenario. Datagrunnlaget om framtidig utvikling i temperatur og nedbør er nye forskningsresultater fra R3-prosjektet¹. Disse tall sammenlignes med klimainformasjon som er gitt ut av Norsk Klimaservicesenter i klimaprofil Rogaland. Samtidig henvises til klimaindeks som er publisert på <https://klimaservicesenter.no>.

3 OBSERVERT OG FRAMTIDIG KLIMA

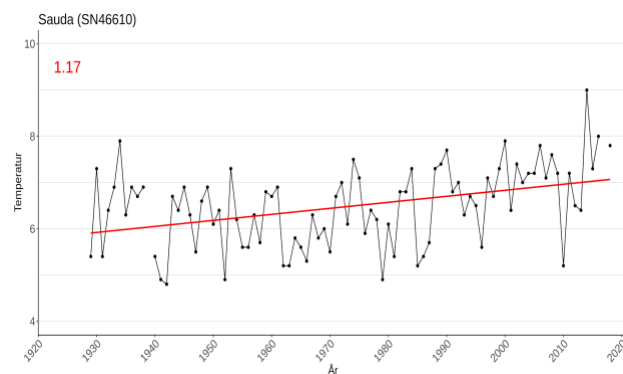
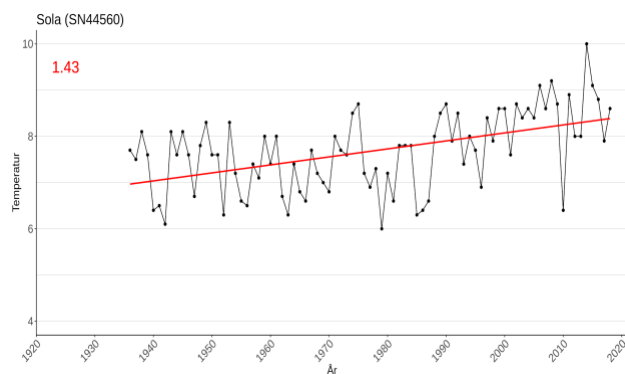
3.1 Temperatur

Det er store lokale temperaturforskjeller innad i Rogaland, mellom indre strøk, kystnære strøk og fjellområdene. I vinterhalvåret er det kjøligere i indre strøk, mens det om sommeren er kjøligere langs kysten enn i innlandet. Temperaturmålinger i Sola viser en gjennomsnittlig oppvarming på 1,4 °C fra begynnelsen av målingene fra 1936 fram til i dag, mens Sauda viser en litt mer moderat oppvarming på 1,2 °C siden 1929.

Tabell 1. Middelerverdier for temperatur (°C) i referanseperioden 1971-2000.

Stasjon	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Sola [7 m.o.h]	7,7	1,9	6,3	13,9	8,5
Sauda [5 m. o.h]	6,6	-0,7	5,8	14,3	6,8
Utsira fyr [55 m.o.h]	7,7	3,2	5,5	12,9	9,1

¹ <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/#/project/NFR/255397>



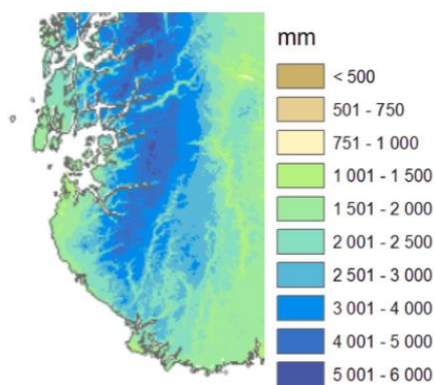
a)

b)

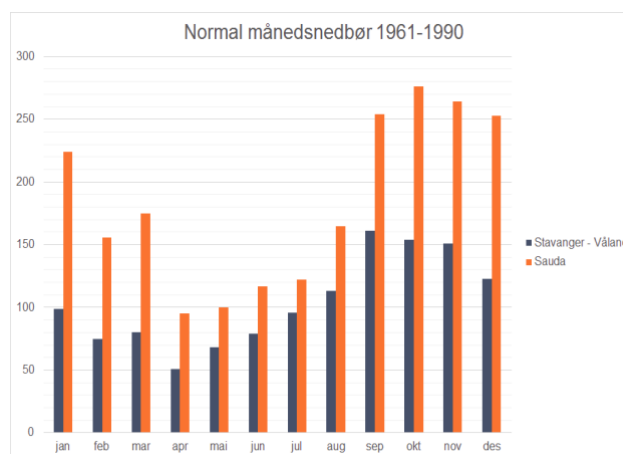
Figur 2. Observert årlig temperatur (svart) og beregnet trend fra begynnelsen av målingene fram til 2018 (rød). a) Sola som er representativ for kystområder og b) Sauda som er representativ for innlandsområder.

3.2 Nedbør

Gjennomsnittlig årlig nedbør er lavest langs kysten og i ytre strøk av Rogaland, mens midtre og indre strøk er nedbørrike områder, noen områder med over 3000 mm (Figur 3a). Høst og vinter er sesongene med mest nedbør, mens vår og tidlig sommer er preget av mindre nedbør (Figur 3b). Om sommeren kan det komme lokalt mye nedbør i løpet av kort tid i form av kraftige sommerbyger. Intense sommerbyger forekommer oftere i indre og midtre strøk enn langs kysten. Sett under ett for hele Vest-Norge har nedbørsmengden økt med 35% over de siste 100 år².



a)



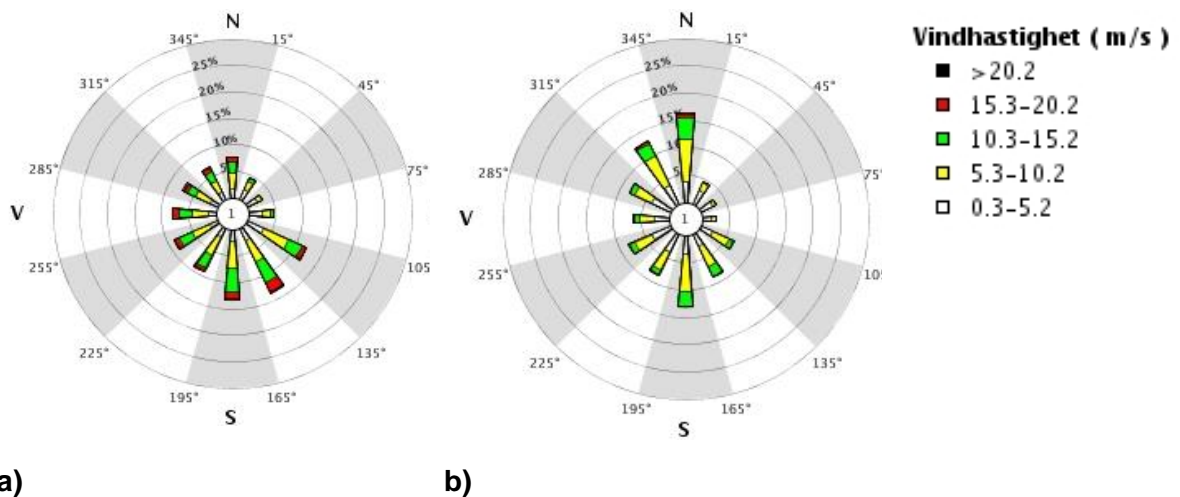
b)

Figur 3: a) Kart over sørvestlige Norge med gjennomsnittlig årsnedbør i millimeter fra perioden 1971-2000; b) normal månedsnedbør (1961-1990) i Stavanger og i Sauda.

² nettside: <https://folk.uib.no/ngfhd/Climate/climate-pnor03.html>, besøkt 14. desember 2019.

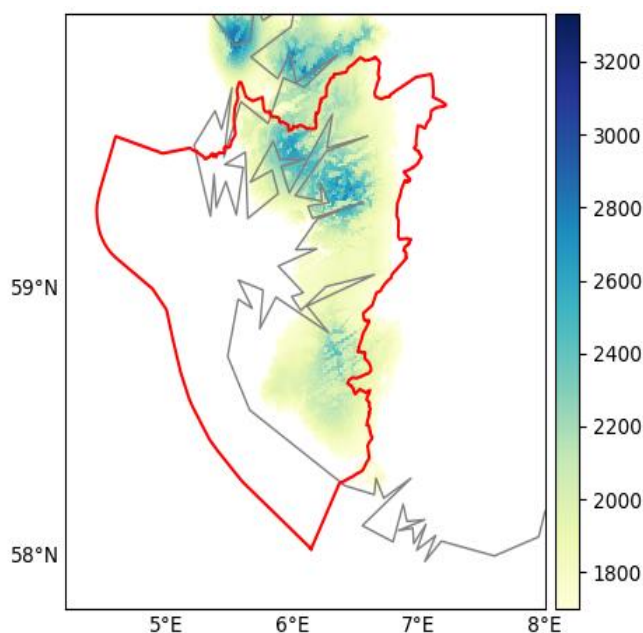
3.3 Vind

Langs kysten av Rogaland er vinden i vinterhalvåret sterkt påvirket av lavtrykkene som går inn i Norskehavet. Den hyppigst forekommende vindretningen er i vinterhalvåret sørøstlig (Figur 4). I sommerhalvåret er det ofte stor daglig variasjon i vindretningen. Den vanligste vindretningen langs kysten er da nord og nordvestlig på grunn av solgangsvind. Generelt er vindretningen i lavere liggende områder i innlandet styrt av lokale topografiske forhold, og følger retningen til fjorder og daler.



Figur 4: Vindroser for Utsira fyr like utenfor kysten av Rogaland. a) Fordeling av vindretning og vindstyrke for vinterhalvåret (oktober-mars), b) sommerhalvåret (april-september). Basert på observasjoner fra årene 2000-2018.

Nitter (2009) innførte begrepet *klimarom* som defineres som “et område der klimaet er ensartet med hensyn til en bestemt klimaparameter, for eksempel temperatur, nedbør, vindretning eller vindstyrke. Området er avgrenset av topografi og vegetasjon.” Det tas hensyn til *klimarom* begrepet i form av en forenklet regional todeling på datagrunnlaget fra SeNorge versjon2. Figur 5 viser gjennomsnittlig årlig nedbør fra 1980-2015 i Rogaland. Vi deler Rogaland inn i et *kystområde* og et *innlandsområde* på grunnlag av en gjennomsnittlig årlig nedbør (P) på 1700 mm: Områder med $P > 1700$ mm klassifiseres som innland, mens landområder med $P < 1700$ mm er klassifisert som kystregion. Områder nordøst for området med $P > 1700$ mm er ikke tatt hensyn til i videre beregninger.



Figur 5: Gjennomsnittlig årlig nedbør i Rogaland (region innenfor rød linje). Fargekoden indikerer årlig nedbør fra 1700 til 3300 mm.

3.4 Observert klimautvikling i Rogaland

Både temperatur og nedbør har økt i Rogaland de siste tiårene. Det er observert en stigende trend på alle meteorologiske stasjoner vist i Appendiks. Den stigende trenden varierer fra stasjon til stasjon mellom 0,8 til 2,4 °C og er avhengig av sesong. Den bratteste trenden er observert i vintermånedene. I perioden 1957-2015 hadde kystregionen en økning i årlig middeltemperatur på 1,7 °C som tilsvarer en gjennomsnittlig økning på 0,3 °C per tiår (Tabell 2). Størst endring har det vært i vintersesongen (desember-januar-februar) med en økning på 2,2 °C (0,4 °C per tiår). Tabell 3 viser at Utsira og Sola som ligger i kystregionen har hatt en større temperaturendring per tiår for de siste 50 år enn hvis man ser på en lengre tidsserie. Innlandsregionen hadde en økning i årlig middeltemperatur på 1,3 °C i løpet perioden 1957–2015 (i gjennomsnitt 0,2 °C per tiår). I denne regionen er det middeltemperaturen i vårsesongen som har økt mest i tidsrommet 1957–2015. Også i innlandsregionen har det vært en større gjennomsnittlig endring i temperaturen de siste 50 år sammenlignet med en lengre tidsserie.

Samtidig som det har blitt varmere har det også blitt våtere i Rogaland. I løpet av perioden 1957–2015 økte den årlige nedbøren i Rogaland. I kystregionen har årlig nedbør økt med 4,9 prosent per tiår, men med store variasjoner fra sesong til sesong. Nedbøren i vintersesongen har økt mest, mens sommernedbøren har hatt minst endring (Tabell 4). I innlandsregionen har årlig nedbør økt med 5,7 prosent per tiår i perioden 1957–2015, men med store variasjoner fra sesong til sesong. Vinternedbøren har økt mest, mens sommernedbøren har hatt minst endring (Tabell 5). Enkelte steder har også hatt en liten synkende trend i nedbør i sommersesongen. Økningen per tiår har vært mindre sett over perioden 1901–2015 og det er høstsesongen som har hatt størst økning (Hanssen-Bauer m.fl., 2015).

Tabell 2: Lineær temperaturendring (°C per tiår) i perioden 1957-2015 for de to regionene kyst og innland basert på det griddede datasettet seNorge versjon 2.

Lokalitet	Datakilde	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Kyst	Grid	1957-2015	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2
Innland	Grid	1957-2015	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2

Tabell 3: Lineær temperaturendring (°C per tiår) basert på stasjonsobservasjoner. Trend for årsverdi og sesongverdi for de siste femti år (1968-2018) og en lengre tidsserie avhengig av lengden på stasjonens tilgjengelige måleserie. Verdier for Utsira er hentet fra nettsidene:

<https://folk.uib.no/ngfhd/Climate/climate-t-utsira.html> og <https://ocdp.met.no/>.

Lokalitet	Datakilde	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Sola	Observasjon	1935-2018	0,2	0,27	0,19	0,14	0,11
Sola	Observasjon	1968-2018	0,32	0,39	0,3	0,18	0,41
Sauda	Observasjon	1929-2018	0,13	0,26	0,15	0,09	0,12
Sauda	Observasjon	1968-2018	0,3	0,42	0,3	0,12	0,37
Utsira	Observasjon	1968-2018	0,29	0,28	0,29	0,28	0,32
Utsira	Observasjon	1918-2018	0,11	0,11	0,09	0,10	0,11

Tabell 4: Lineær nedbørendring (prosent per tiår) for årlig nedbør og sesongnedbør. Data fra seNorge versjon 2.

Lokalitet	Datakilde	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Region kyst	Grid	1957-2015	4,9	11,7	4,5	1,3	2,2
Region Innland	Grid	1957-2015	5,7	13,9	6,3	0,6	2,1

Tabell 5: Lineær nedbørendring (prosent per tiår) for årlig nedbør og sesongnedbør. Data fra stasjonsobservasjoner.

Lokalitet	Datakilde	Tidsrom	År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
Sviland	Observasjon	1901-2015	2,2	1,8	2,2	0,9	3,3
Lysebotn	Observasjon	1901-2015	3,0	2,6	3,4	1,2	4,0
Sola	Observasjon	1957-2015	3,7	12,1	4,6	-0,1	0,1
Sviland	Observasjon	1957-2015	5,3	12,9	5,1	1,8	2,3
Lysebotn	Observasjon	1957-2015	4,6	12,4	6,8	-0,7	0,2

3.5 Forventede klimaendringer i Rogaland under et høyt utslippsscenario

I klimaprofil Rogaland står: «I klimaprofil Rogaland beskrives forventede klimaendringer med høye klimagassutslipp fordi regjeringen i Stortingsmeldingen om Klimatilpasning sier at en for å være «føre var» skal legge til grunn høye alternativer fra de nasjonale klimaframskrivningene når konsekvensene av klimaendringer vurderes. Dette høye utslippsscenarioet tilsvarer at de globale klimagassutslippene fortsetter å øke som i de siste tiårene.»

I tabell 6 og 7 framstilles endringer i temperatur og nedbør som er beregnet på grunnlag av et høyt utslippsscenario (RCP8.5)³. Tallene er beregnet med litt forskjellige metoder. Verdier i klimaprofil Rogaland er beregnet på grunnlag av 10 regionale klimamodeller og viser endringen mellom to tidsperioder, 2071-2100 vs. 1971-2000. Det vises verdier fra 10 til 90 prosent for å ta hensyn til modellusikkerheten. Verdiene for kyst og innlandsområde er derimot et sammendrag av de samme regionale modellene og nye, mer lokale nedskaleringer (Pontoppidan et al., 2018 og Figurene A.1-A.4 i Appendiks). Her vises temperatur- og nedbørutviklingen på grunnlag av den beregnede trenden fra 1980 til 2100. I kolonnene kyst og innland vises verdier som et resultat fra forskjellige modelleringsmetoder.

Når det sammenlignes sesongvise temperaturendringer vist i Tabell 6, så viser seg at utfallsrommet er ganske likt. Sett under ett vil temperaturen øke med 2,3 – 6,1 °C. Forskjell mellom temperaturendringer for innland, kyst og hele Rogaland er ikke stor. Når det sammenlignes verdiene for kyst- og innlandsområdet, så er temperaturøkningen om våren og sommeren i innlandet litt større enn ved kysten. For hele Rogaland vil temperaturøkningen om vinteren være størst (se klimaprofil Rogaland).

Tabell 6: Beregnede fremtidige temperaturendringer fram mot slutten av århundre under et høyt utslippsscenario (RCP8.5) for hele Rogaland (data fra klimaprofil Rogaland⁴), i kystområde og i innlandsområdet.

Temperaturendringer [°C]	Klimaprofil Rogaland	Kyst	Innland
Vinter	mellom 3,2 og 4,4	mellom 3,6 og 4,6	mellom 3,2 og 4,5
Vår	mellom 2,8 og 4,3	mellom 3,3 og 4,1	mellom 4,1 og 4,4
Sommer	mellom 2,3 og 4,5	mellom 2,8 og 4,8	mellom 3,6 og 6,1
Høst	mellom 3,0 og 4,6	mellom 3,5 og 4,8	mellom 3,8 og 4,9

Generelt sett så viser seg utfallsrommet av beregnede endringer i nedbør å være også ganske likt (Tabell 7). Men noen forskjell peker seg ut: Den nedre grensen av utfallsrommet om vinteren og våren er justert opp både for kyst- og innlandsområdet. I innlandsområdet ligger den øvre grensen av utfallsrommet om høsten 10 % høyere enn for kysten og hele Rogaland.

³ RCP8.5: 'Representative Concentration Pathway' på 8,5 W/m², dvs. et scenario der økningen av klimagasser øker med samme hastighet som før. Dette fører til en global varmeeffekt på 8,5 W/m².

⁴ <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/klimaprofiler/klimaprofil-rogaland/attachment/10936?ts=159bb554e03>

Tabell 7: Beregnede fremtidige endringer i nedbør fram mot slutten av århundre for hele Rogaland (data fra klimaprofil Rogaland⁵), i kystområde og i innlandsområdet.

Nedbørendringer [%]	Klimaprofil Rogaland	Kyst	Innland
Vinter	mellom 1 og 30	mellom 19 og 32	mellom 18 og 25
Vår	mellom 3 og 19	mellom 14 og 20	mellom 11 og 22
Sommer	mellom -8 og 15	mellom -9 og 14	mellom -7 og 14
Høst	mellom -6 og 32	mellom 2 og 32	mellom 3 og 43

3.6 Usikkerhet i klimaframskrivninger

Når klimamodellene iverksettes er det flere faktorer som bidrar til ulike typer usikkerhet (kapittel 6 i Hanssen-Bauer m.fl., 2015). Kort fortalt kan årsaken til usikkerheten i klimaframskrivninger deles opp i tre kategorier:

- i. **Scenariouisikkerhet.** Utslippsscenarioer beskriver hvordan verdens samfunnet utvikler seg. Dette kan tallfestes på grunnlag av faktorer som folketall, velstand (kr/person), karbonintensitet (CO₂/kWh) og energiintensitet (kWh/kr). Her er det mange mulige scenarioer. Et fremtidsbilde er at vi fortsetter som før, med høy global befolkningsvekst og høyt forbruk av fossil energi. Dette vil føre til en rask økning av viktige klimagasser som karbondioksid og metan i atmosfæren.
- ii. **Usikkerhet i naturlige variasjoner** i klimaet som bestemmes av hendelser i jord-systemet som påvirker vær og klima på global skala som f.eks. store vulkanutbrudd eller temperatursvingninger over Nord-Atlanteren (Nordatlantisk Oscillasjon) som fører til at Norge i noen år får enten en relativ varm og våt vinter eller en relativ kald og tørr vinter (kapittel 2.2 i Hanssen-Bauer m.fl., 2015).
- iii. **Modellusikkerhet.** Alle klimamodeller beskriver fysiske prosesser som havstrøm, lavtrykksbaner, smelting av havis, etc. på litt forskjellig måte. For å ta hensyn til modellusikkerheten brukes derfor ofte flere enn en modell for å kunne gi et estimat på utfallsrommet av resultatet.

På global skala kommer det største bidraget i den totale usikkerheten fra scenariouisikkerhet (Hawkins og Sutton, 2009). I klimatilpassningsarbeidet i Norge er det gitt klare føringer om at det norske samfunnet skal tilpasse seg et endret klima på grunnlag av det høyeste utslippsscenario (RCP8.5) for å følge føre-var prinsippet (Meld St. 33). Videre er det interessant å merke seg at usikkerhetsbidraget fra naturlige variasjoner og forskjellige modeller er omtrent like stor, men mindre enn scenariouisikkerheten.

Rogaland, som resten av Vestlandet, er påvirket av lavtrykk som oftest kommer inn fra vest og sørvest (se avsnitt 2.2). Det er fortsatt slik at de fleste lavtrykk i klimamodeller ofte treffer Europa for langt sør f.eks. Frankrike istedenfor Norges kyst. For Rogalands framtidige klimautvikling er dette en svært viktig usikkerhetsfaktor. I tillegg er det fortsatt knyttet stor usikkerhet til en eventuell systematisk endring av lavtrykksbanene i framtiden. Treffer de lengre sør enn observert

⁵ <https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/klimaprofiler/klimaprofil-rogaland/attachment/10936?ts=159bb554e03>

i dagens klima, kan det bety mer nedbør på østsiden av Langfjellet. Hvis det derimot ikke skjer en systematisk endring i lavtrykksbanene, vil de fleste treffe Vestlandet og vil føre til mer intens nedbør siden atmosfæren vil være varmere i et framtidig klima.

På nettsiden <https://klimaservicesenter.no> kan man se hvordan klimaindeksler som temperatur, nedbør, vekstsesong, avrenning, markvannsunderskudd, snø, fordamping og flom kan endre seg i et framtidig klima. I figur 6 vises eksempler for temperaturendringen i Rogaland (Figur 6a)) og endring i nedbør i region Sør-Vestlandet (Figur 6b)). Generelt er temperaturen mindre usikker enn andre klimaindeksler. Derimot er endringen i nedbør mer usikker. I figur 6b er det nesten ingen overlapp mellom observert og simulert nedbøravvik (i prosent) fra normalen (periode 1971-2000). Her er det flere momenter som spiller inn: Modellsikkerheten i hvordan og hvor lavtrykksbanene vil treffe Europa, og lokale vekselvirkninger med landskapet som påvirker mikrofysiske prosesser i skyer. Dette er hovedgrunnen til hvorfor *regional til lokal* klimainformasjon, spesielt nedbør, er mer usikker enn *nasjonal* klimainformasjon. I tillegg til dette kommer den valgte utjevningemetoden (30-årsfiltrering) i figur 6b) som fører til at de første og siste 10 årene i begge grafene er ikke like pålitelige som verdiene ellers.



a)

b)

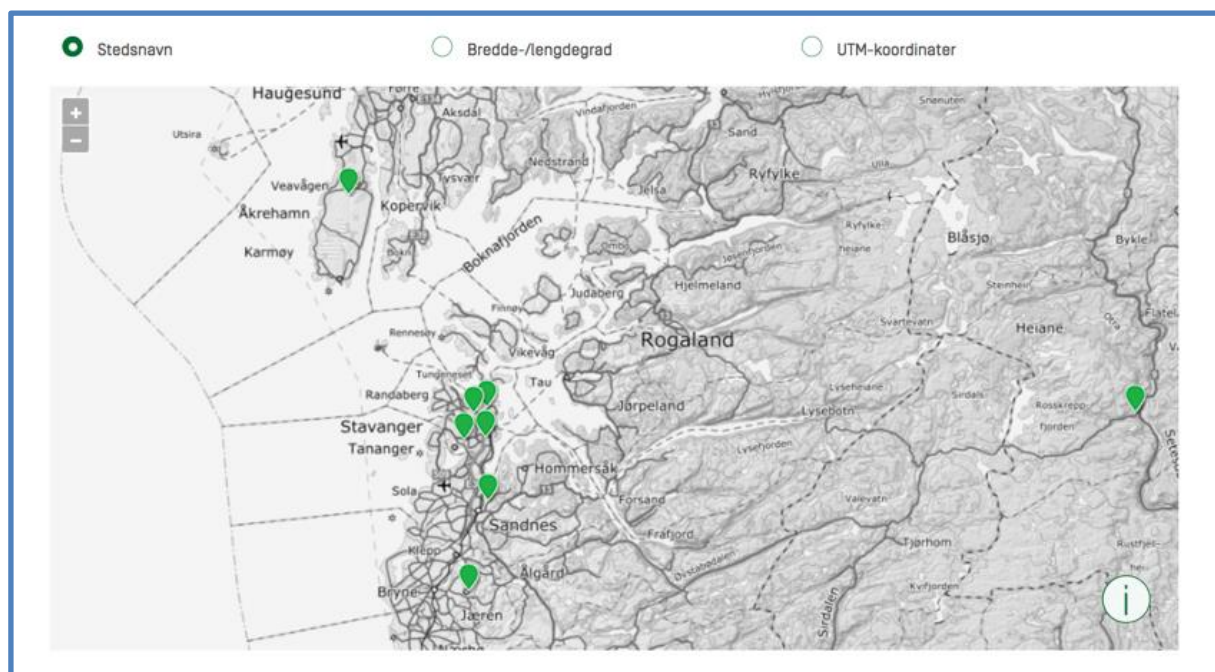
Figur 6: a) Utvikling av temperatur i Rogaland i perioden 1900-2100. Verdiene viser avvik (°C) fra referanseperioden 1971-2000. b) Utvikling av nedbør i Region Sør-Vestlandet i perioden 1900-2100. Verdiene viser avvik (%) fra referanseperioden 1971-2000. Svart kurve viser observasjoner, utjevnet for å

illustrere variasjoner på en 30-års skala. Farget kurve viser trend i medianverdi fra 10 regionale nedskaleringer, fram til 2031-2060 og 2071-2100. Skravert område indikerer spredning mellom lav og høy klimaframskrivning (10 og 90 prosentiler).

4 KORTTIDSNEDBØRMÅLER

For å kunne beregne intensitet-varighet-frekvens kurver (IVF) for nedbør for en lokasjon trengs det en måleserie på minst 10 år. Måledata må komme fra en type nedbørmåler som heter vippepluviometer. Per i dag er det i kystregionen av Rogaland nokså bra dekning med syv stasjoner, mens i det er ingen målinger av korttidsnedbør i innlandsregionen. Den nærmeste stasjonen var i Hylestad-Brokke (Agder) som har en måleserie fra 1971 til 1981. Det anbefales derfor at minst en til to stasjoner med vippepluviometer og termometer installeres i innlandsregionen. Temperaturmåling vil gi nyttig tilleggsinformasjon om nedbøren faller som snø, sludd eller regn.

Det er både mulig og vanlig for norske kommuner å installere og drifte vippepluviometer stasjoner på egenhånd og overføre data fra disse til MET sine systemer. Av økonomiske hensyn anbefales det kommunene å gå sammen med flere kommuner og kjøpe inn gode måleinstrumenter. Brosjyren "Værstasjoner i Norske kommuner"⁶ gir grunnleggende informasjon om korrekt oppstilling av meteorologiske instrumenter. Når det gjelder ytterligere veiledning for oppføring av måleinstrumenter og dataoverføring anbefaler vi å kontakte MET direkte.



Figur 7: Skjermdump fra <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml> som viser lokasjon av vippepluviometer stasjoner i Rogaland.

⁶Nettside: besøkt 21. januar 2020:

<https://cms.met.no/site/2/klimaservicesenteret/dimensjonerende-nedb%C3%B8r/hjelp-til-%C3%A5-etablere-v%C3%A6rstasjon/attachment/7107?ts=150a498c4cc>

5 DIGITALE VERKTØY

I kommunalt klimatilpasningsarbeid oppleves det som utfordrende at relevant informasjon om fysisk risiko som ekstremnedbør, flom, skred, havnivåstigning, osv. finnes på mange forskjellige nettsider som er drevet og vedlikeholdt av forskjellige aktører (Tabell 8). Samtidig har kommuner ansvar for lokal klimatilpasning og skal holde seg oppdatert i mange fagfelt.

Et interessant digitalt verktøy er Geonorge som er en del av Norge digitalt; et samarbeid mellom offentlige virksomheter med ansvar for å etablere og forvalte kartdata og annen stedfestet informasjon. Geonorge, <https://kart.geonorge.no/> utvikles og driftes av Kartverket på vegne av [partene i Norge digitalt samarbeidet](#). Geonorge er det nasjonale nettstedet for kartdata og annen stedfestet informasjon i Norge. Her kan brukere av kartdata søke etter og få tilgang til det som er tilgjengelig av slik informasjon som karttema om geologi, natur, samferdsel, friluftsliv, kulturminner, landbruk, plan og samfunnssikkerhet (f.eks. flomsonekart og aktsomhetskart om snøskred). En nyttig funksjon her er at flere kartlag/informasjon kan legges opp på hverandre.

Tabell 8: En sannsynligvis ikke helt fullstendig oversikt over diverse digitale verktøy som inneholder informasjon som er relevant for klimatilpasning i Norge.

Myndighet eller organisasjon	produkt	Nettbasert verktøy
Direktorat for Samfunnssikkerhet og beredskap (DSB)	Klimahjelperen - en veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven	https://www.dsb.no/veiledere-handboker-og-informasjonsmaterieell/klimahjelperen/
Kartverket	Se havnivå: konsekvenser av havnivåendring i interaktivt kart	https://www.kartverket.no/sehavniva/se-havniva-i-kart/
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Farekart om flomsone, kvikkleire, fjellskred, skredfaresone, flomhendelser, skredhendelser	https://kartkatalog.nve.no/#kart
Meteorologisk Institutt (MET)	vær- og klimadata fra historiske data til sanntidsobservasjoner	eklima.met.no
samarbeid mellom NVE, MET og Kartverket	SeNorge: daglig oppdaterte kart over snø-, vær- og vannforhold og klima for Norge	http://www.senorge.no
Miljødirektoratet	Veiledning, erfaring og kunnskap om klimatilpasning	www.klimatilpasning.no
Fylkesmannen i Rogaland og Rogaland Fylkeskommune	Temakart Rogaland is a map service managed by the County Governor of Rogaland, Rogaland County Council, Norwegian Mapping Authority (Kartverket) Rogaland and several other members of "Norge digitalt".	https://www.temakart-rogaland.no/
Norsk Klimaservicesenter et samarbeid mellom Meteorologisk Institutt, NVE, NORCE og	hovednettside Klima i Norge 2100 rapport Klimaprofiler for fylker	www.klimaservicesenter.no https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret/klima-i-norge-2100

Bjerknessenter for klimaforskning	<p>Klimaindekser i forma av kart: temperatur, vekstsesong, nedbør, avrenning, markvannsunderskudd, snø, fordamping og flom</p> <p>Dataportal seklima: observasjoner og værstatistikk (beta-versjon)</p> <p>Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF)-verdier fra målestasjoner</p>	<p>https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret/klimaprofiler</p> <p>https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/scenarios.xhtml</p> <p>https://klimaservicesenter.no/observations/</p> <p>https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/idf.xhtml</p>
Den norske stats kommunalbank	Informasjon om hvordan kommuner kan jobbe med klimarisiko?	https://klimarisiko.kommunalbanken.no/
Norsk Institutt for bioøkonomi (NIBIO)	Informasjon om areal, landskap, jordsmonn, reindrift og skog	https://kilden.nibio.no

Generelt er det opp til eieren av produsert kartdata om dataene lastes opp til Geonorge. I veiledere⁷ beskrives hvordan datasett og tjenester skal dokumenteres før leveranse, eller hvordan man skal levere filer og grensesnitt (API/nettbaserte tjenester).

Geonorge tilbyr et abstrahert grensesnitt, GeonorgeAPI, som forenkler kodingen, og eieren kan enkelt legge til, oppdatere, eller slette data. For dette, må eieren være part i Norge Digitalt. API-et er skrevet i programmeringsspråket C#, og kommuniserer med Geonorge.no via en underliggende CSW Service (Catalog Service for the Web), som består av kartinformasjons-data og tjenester - typisk KML-data (geometri) og WMS-tjenester for tilgang til kart-elementer og metadata.

Her har Rogaland allerede kommet langt i arbeidet og et temakart for hele Rogaland fylke <https://www.temakart-rogaland.no/> er etablert. Rogaland har lagt inn en del nasjonale datasett på plattformen som er klippet til fylke. Rogaland Fylkeskommune og Fylkesmannen i Rogaland legger inn data her: <https://prosjekt.fylkesmannen.no/temakart-rogaland/>.

Norsk Klimaservicesenter har lagt ut data i form av kart og delvis også i form av grafer om endring i temperatur (middel, maksimum og minimum, år og sesong), vekstsesong, nedbør (et eksempel er vist i Figur 6), avrenning, markvannsunderskudd, snø fordamping og flom på: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/scenarios.xhtml>.

6 VEIEN VIDERE

Å samle kartdata fra mange forskjellige nettsteder (se Tabell 8) i én kartløsning betraktes som et nyttig digitalt verktøy med tanke på planarbeid og formidling til offentligheten.

Et viktig arbeid som vil kunne bety mye for tilgang til relevante data i arbeidet med klimatilpasning er «kunnskapsbanken» igangsatt av Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap (DSB), Finans Norge, Norsk Naturskadepool og forsikringsselskapene. Målet er å samle data om

⁷ Nettside besøkt: 27.01.2020: <https://www.geonorge.no/Geodataarbeid/veiledere/>.

utbetalinger for klimaskader for offentlig planlegging. På sikt kan disse dataene kombineres med klimaframskrivninger for å lage et analyseverktøy for mulig framtidig utvikling av klimaskade⁸. Hvor langt dette arbeidet har kommet er ukjent for prosjektdeltakere, men ville være interessant å undersøke videre.

På sikt kan det være en mulighet at Norsk Klimaservicesenter vurderer å tilrettelegge et utvalg av klimaindeks/variabler slik at dataene kan mates inn i GeonorgeAPI. Siden Rogaland fylke allerede har kommet langt med <https://prosjekt.fylkesmannen.no/temakart-rogaland/>-løsningen kan det tenkes at Rogaland brukes i et pilotprosjekt. Kartinformasjon f.eks. om dyrearter kan eksempelvis kombineres med informasjon om endring i temperatur (minimum, maksimum, antall passeringer av frysepunktet), eller aktsomhetskart om jord- og flomskred kan kombineres med informasjon om endring korttidsnedbør på forskjellige kartlag. Dette er noe som potensielt kan forenkle tverrsektorielt klimatilpasningsarbeid på tema som naturmangfold eller samfunnsikkerhet på regionalt til lokalt nivå.

I Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning (SPR, 2018) skrives i avsnitt 4.3: «[...] Når konsekvensene av klimaendringene vurderes, skal høye alternativer fra nasjonale klimaframskrivninger legges til grunn. Dette er nærmere forklart i veiledere og i de fylkesvise klimaprofilene som er utarbeidet. Klimaprofilene vil være en viktig del av kunnskapsgrunnlaget. Planmyndigheten må selv vurdere behovet for å supplere nasjonal og regional informasjon med kunnskap om lokale forhold, herunder tidligere uønskede naturhendelser. [...]»

Det anbefales å bruke både DSB TEMA/Klimahjelperen, klimaprofil Rogaland på nettsiden <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret/klimaprofil/er/klimaprofil-rogaland> i tillegg til nye anbefalinger for klimapåslag for korttidsnedbør (Dyrrdal og Førland, 2019). I Tabell 6 og 7 vises en sammenstilling av beregnede endringer i temperatur og nedbør for Rogaland, kyst- og innlandsområde. Samlet sett er endringene i regionen ganske likt. Men for endringen i nedbør anbefales to justeringer: Økningen om vinteren anbefales å justere fra 18% til 25% for kystregionen og til 22% for innlandsregionen, og økningen om våren anbefales å justere fra 12% til 17% både for kyst- og innlandsregionen.

Videre anbefales at det investeres i korttidsnedbørmålere, særlig i innlandsregionen. Her finnes ingen målinger av korttidsnedbør per i dag. Det anbefales derfor at minst 1-2 stasjoner med vippepluviometer og termometer installeres i innlandsregionen, f.eks. i øvre del av Håelvas nedbørfelt (jf. Figur 3.1 i Molersmyr m.fl., 2020). Av økonomiske hensyn anbefales det kommunene å gå sammen med flere kommuner og kjøpe inn gode måleinstrumenter. På sikt er dette et tiltak som vil føre til et bedre datagrunnlag med tanke på en forventet økning i (ekstrem)nedbør i regionen.

⁸ Online dokument besøkt 27.01.2020:

<https://tema.miljodirektoratet.no/Documents/Arrangementer/Klimatilpasningforedrag/Kunnskapsbanken%20%20hva%20er%20den%20og%20hvva%20kan%20den%20brukes%20til,%20Kunnskapsbanken.pdf>

7 REFERANSER OG VIDERE LESING

Dannevig, Petter. (2019, 26. januar). Rogaland - klima. I Store norske leksikon. Hentet 4. desember 2019 fra <https://snl.no/Rogaland - klima>

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

<https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/veiledere-handboker-og-informasjonsmateriell/veiledere/klimahjelperen.pdf>

Hawkins, E., & Sutton, R. (2009). The Potential to Narrow Uncertainty in Regional Climate Predictions, Bulletin of the American Meteorological Society, <https://doi.org/10.1175/2009BAMS2607.1>

Hisdal H., Vikhamar-Schuler, D., Førland E.J., Brox-Nilsen, I., 2017: [Klimaprofiler for fylker](#) - Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning, ISSN: 2387-3027, s. 90-95, NCCS rapport 3/2017.

Hanssen-Bauer m.fl., 2015: [Klima i Norge 2100 - Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning](#). KSS rapport 2/2015. 2. Opplag.

Dyrrdal, A. & Førland, E.J. (2019): [Klimapåslag for korttidsnedbør – Anbefalte verdier for Norge](#). NCCS rapport 5/2019.

[Klimarapport for Odda, Ullensvang og Jondal. Temperatur og nedbør i dagens og framtidens klima](#). NCCS rapport 2/2018.

Lawrence, D., 2016: Klimaendring og framtidig flommer i Norge, NVE rapport 2016/81, http://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_81.pdf

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

Molversmyr, Å., Bechmann, M., Kaste, Ø., Turtumøygard, S., Norling, M.D., Guerrero, J.L., Skarbøvik E. & Lyche Solheim, A., 2020: Analyse av hva klimaendringer og arealbruk betyr for vannmiljøet i Håelva. *NORCE rapport, Miljø 1-2020*.

Nitter, M. 2009: Climate-space: the dependence of the climate on scale and landscape. *AmS-Varia* 49, 119–130, Stavanger. ISSN 0332-6306, ISBN 978-82-7760-140-3, UDK 551.58.

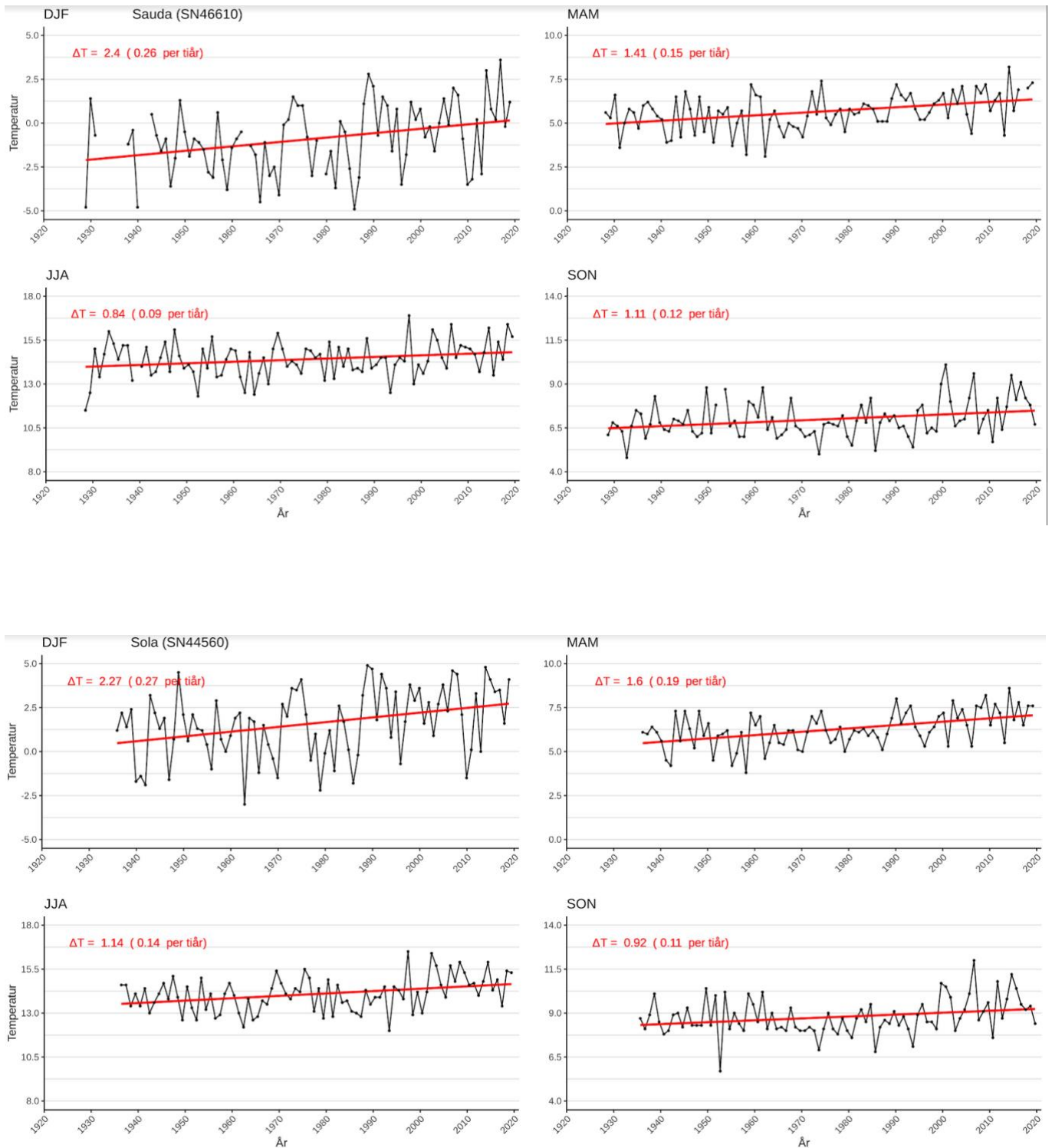
Pontoppidan, M., Kolstad, E. W., Sobolowski, S., & King, M. P. (2018). Improving the Reliability and Added Value of Dynamical Downscaling via Correction of Large-Scale Errors: A Norwegian Perspective. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 123(21), 11,875-11,888. <https://doi.org/10.1029/2018JD028372>.

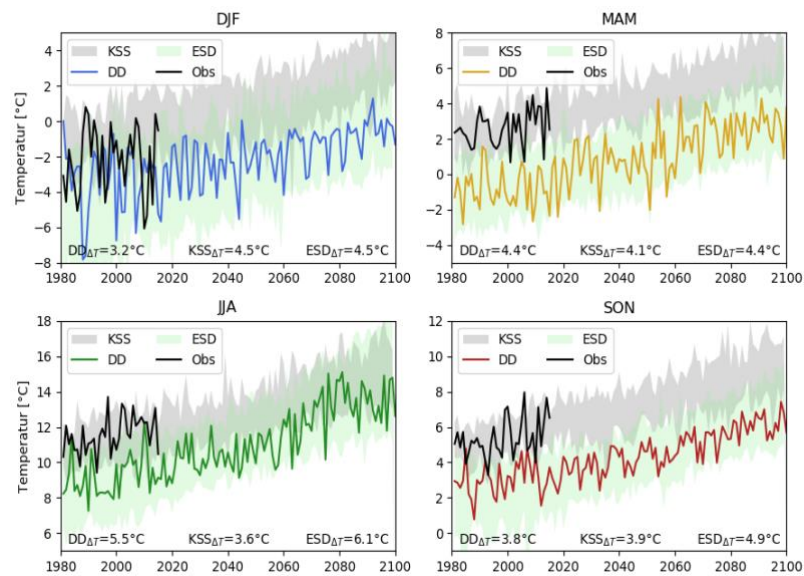
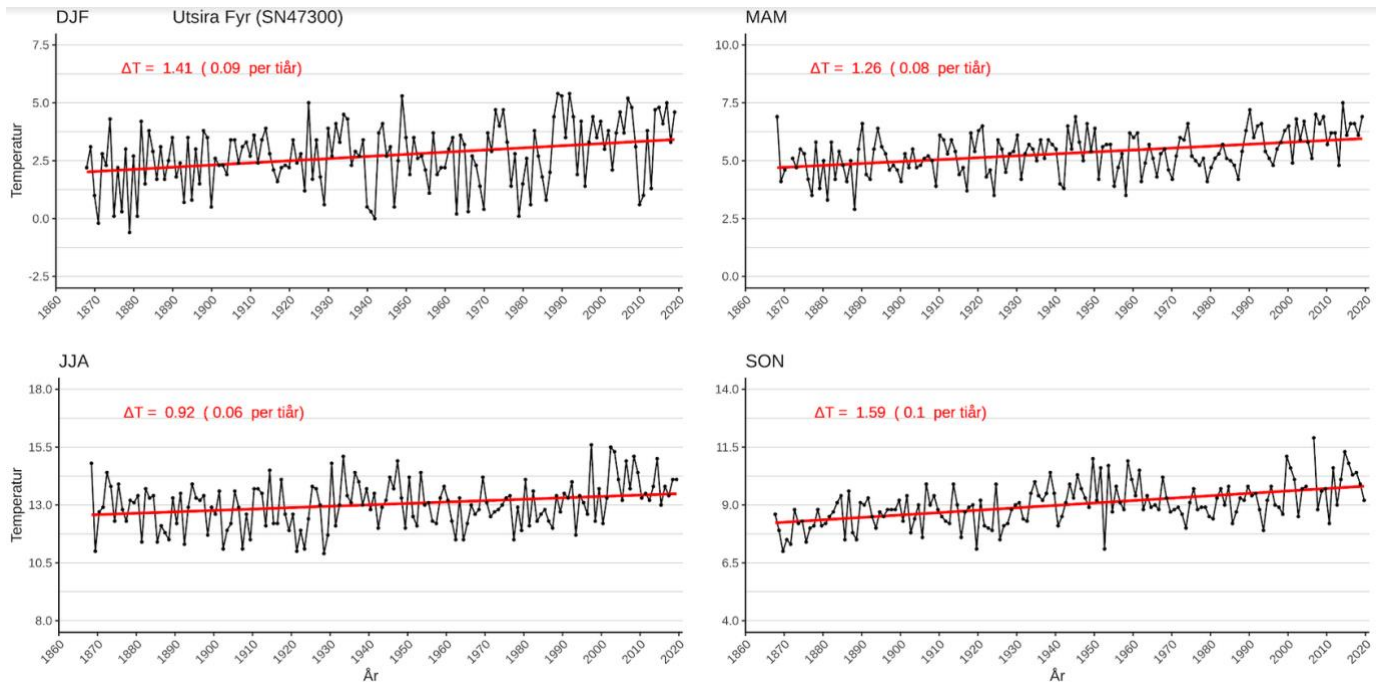
Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning, 2018. [LOV-2008-06-27-71-§6-2](#).

Taubøll, S. 2019: Er kommunene forpliktet til å bruke klimapåslag ved flomfarevurdering? *KART OG PLAN*, 112(79), 2019/3, s. 177-193.

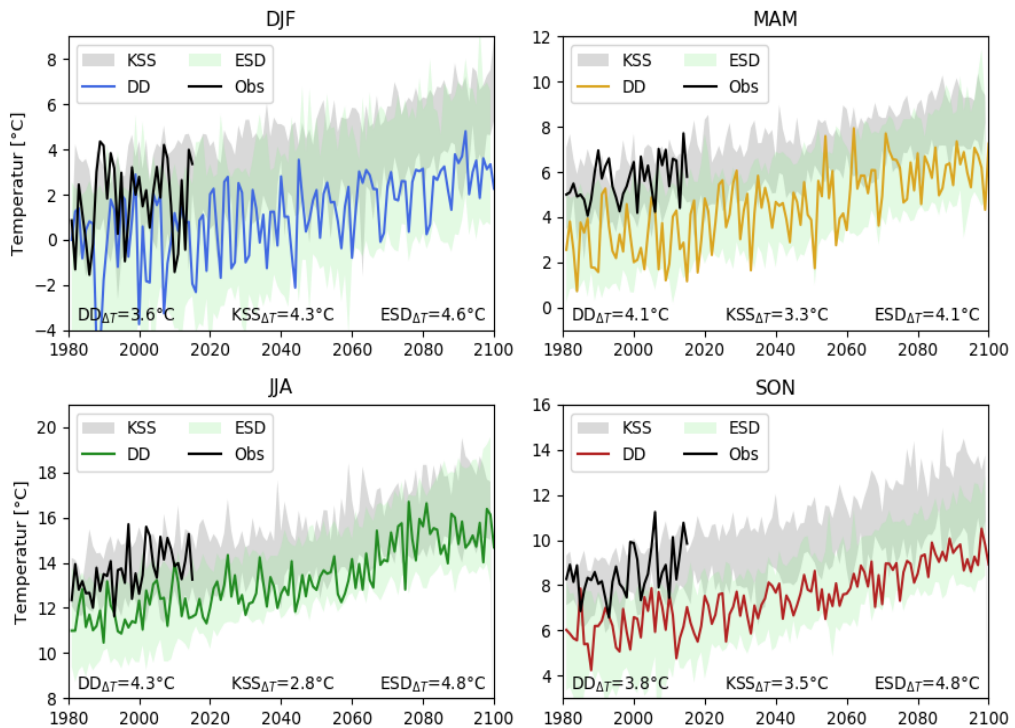
APPENDIKS

Sesongtemperatur for stasjonsobservasjoner i °C





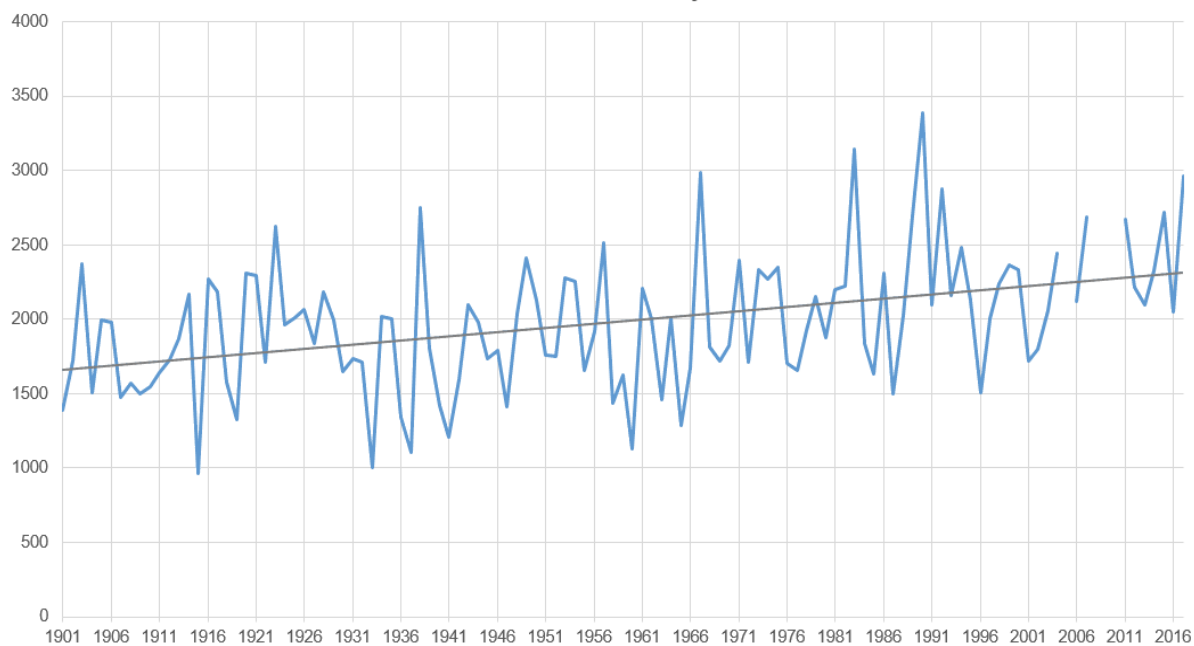
Figur A.1: Beregnet middeltemperaturutvikling for **innlandsområde** fra 1980 til 2100 med et høyt utslippsscenario (RCP8.5). Forskjellige farger indikerer forskjellige beregningsmetoder. ESD: Empirical-statistical downscaling, DD: dynamical downscaling, KSS: 10 bias-korrigerede modeller fra EuroCORDEX/Norsk Klimaservicesenter. Obs: Griddet observert data for hele Norge (seNorge versjon 2). Beregnet trend fra 1980 til 2100 for hver beregningsmetode er vist i nedre del i hver av figurene.



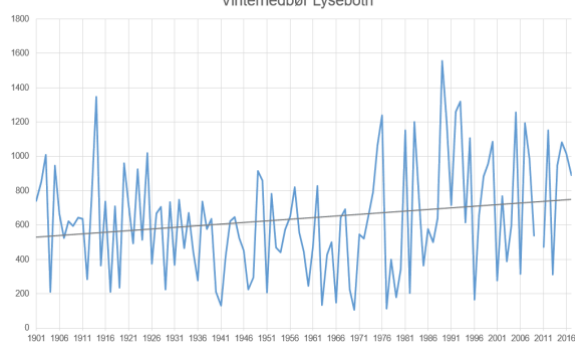
Figur A.2: Beregnet middeltemperaturutvikling for **kystområde** fra 1980 til 2100 med et høyt utslippsscenario (RCP8.5). Forskjellige farger indikerer forskjellige beregningsmetoder. ESD: Empirical-statistical downscaling, DD: dynamical downscaling, KSS: 10 bias-korrigerede modeller fra Euro-CORDEX/Norsk Klimaservicesenter. Obs: Griddet observert data for hele Norge (seNorge versjon 2). Beregnet trend fra 1980 til 2100 for hver beregningsmetode er vist i nedre del i hver av figurene.

Års- og sesongnedbør for stasjonsobservasjoner i antall millimeter

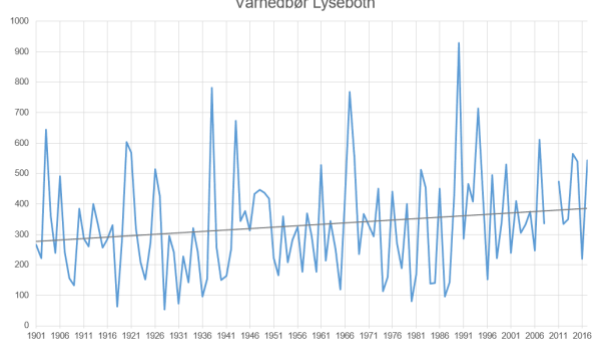
Årsverdier nedbør Lysebotn



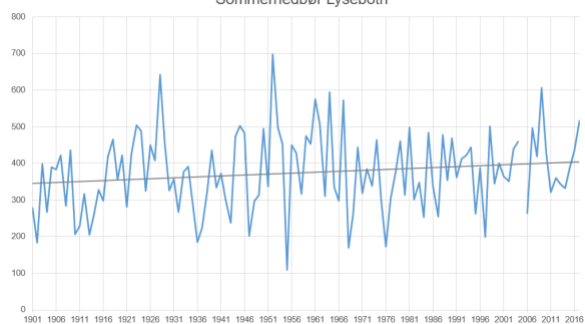
Vinternedbør Lysebotn



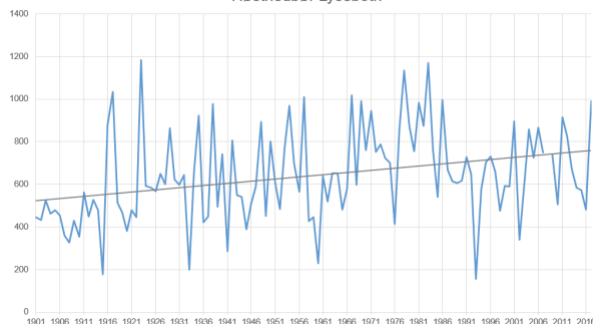
Vårnedbør Lysebotn



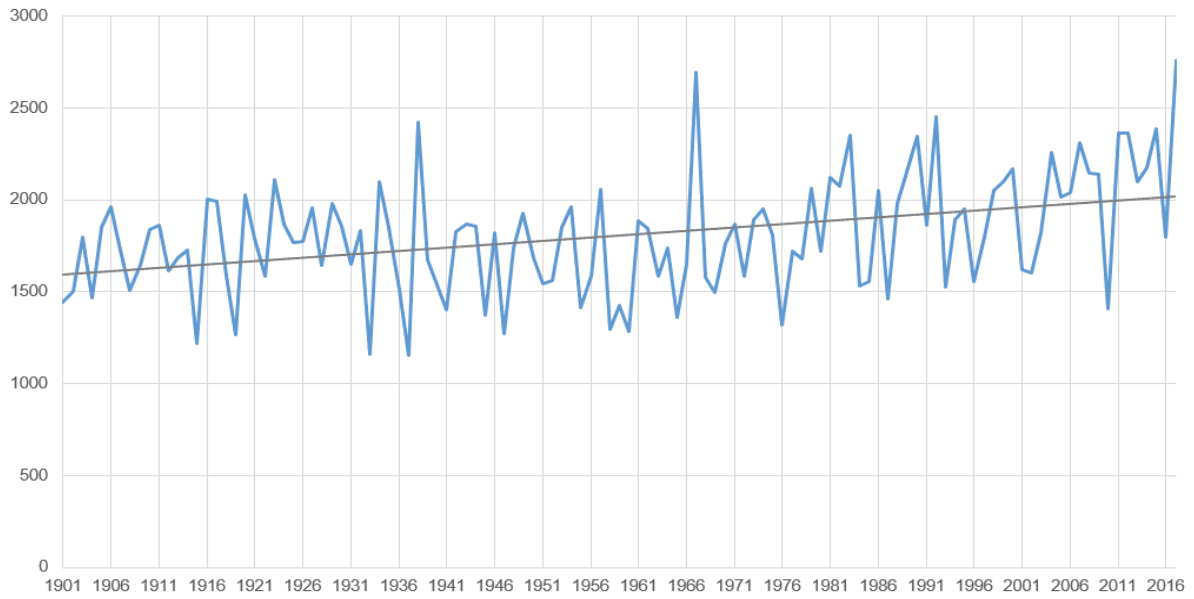
Sommernedbør Lysebotn



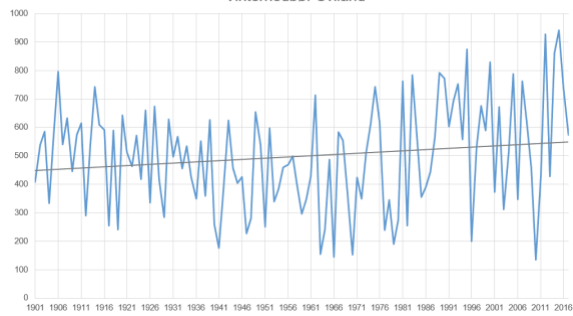
Høstnedbør Lysebotn



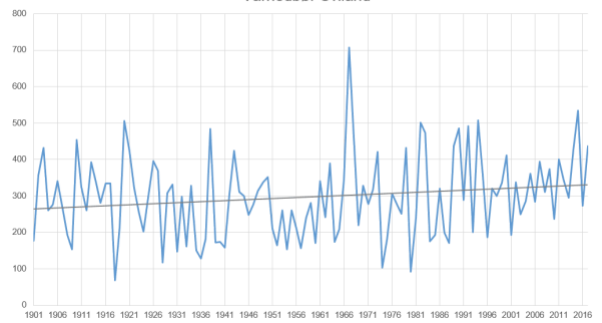
Årsverdier nedbør Sviland



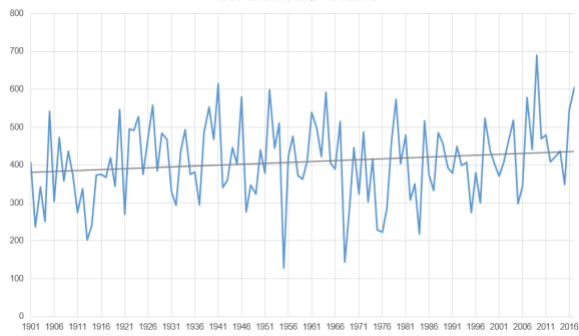
Vinternedbør Sviland



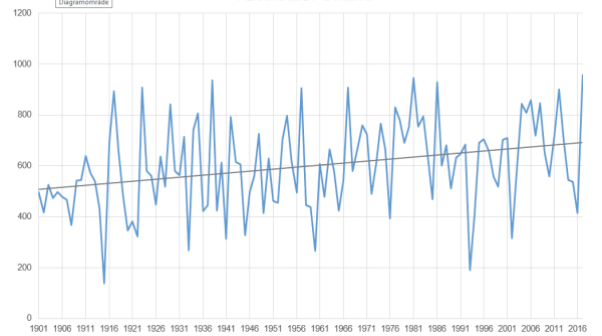
Våredbør Sviland



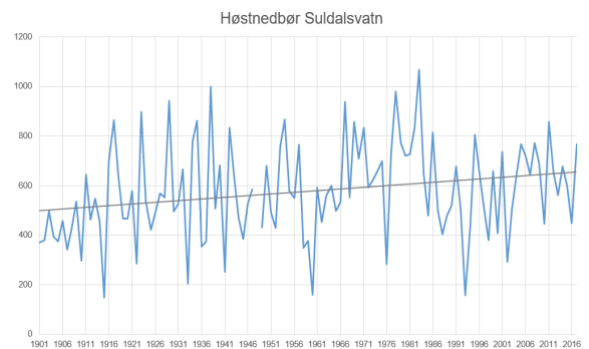
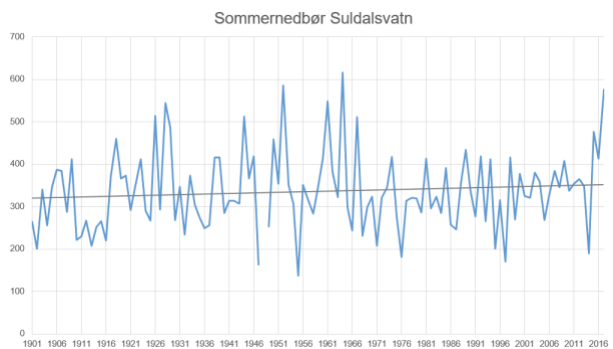
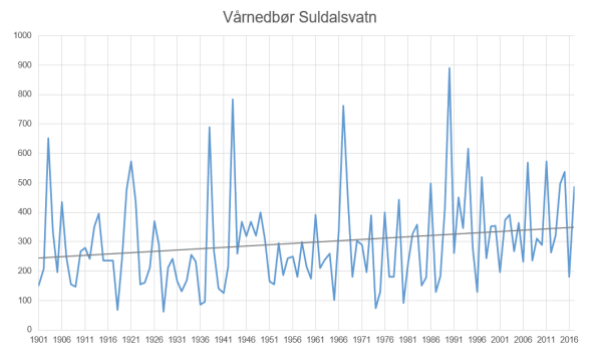
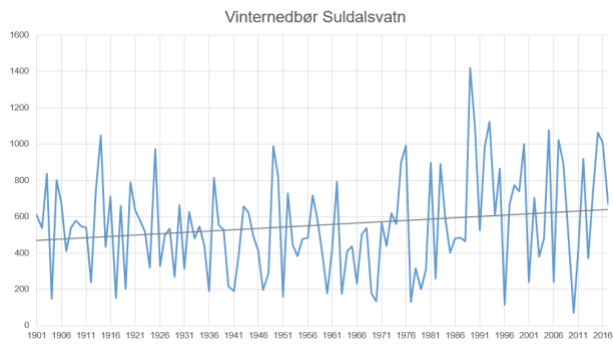
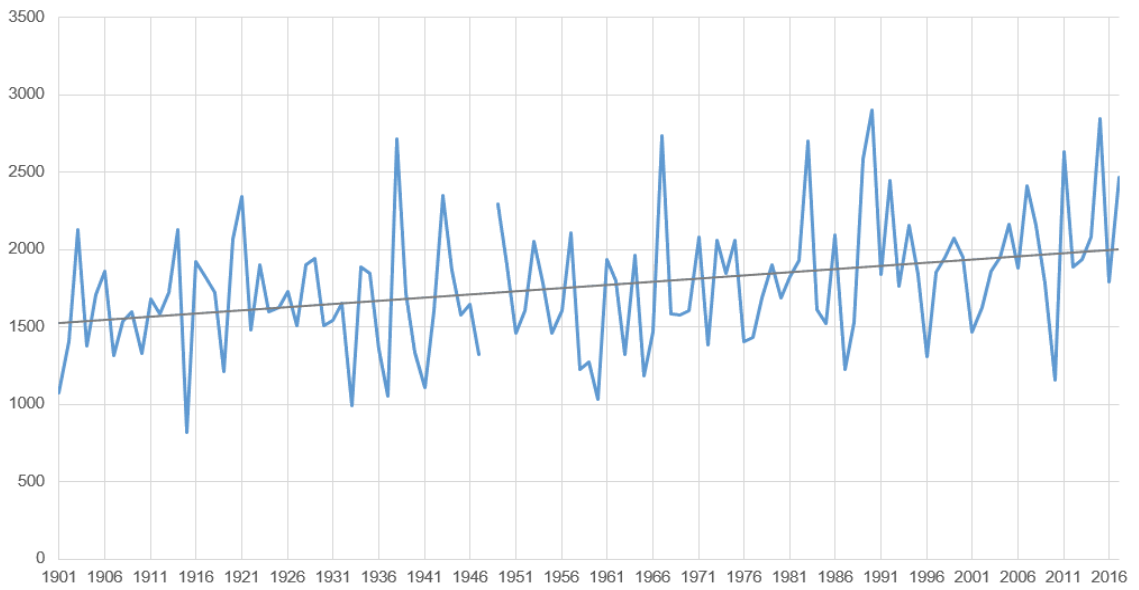
Sommernedbør Sviland



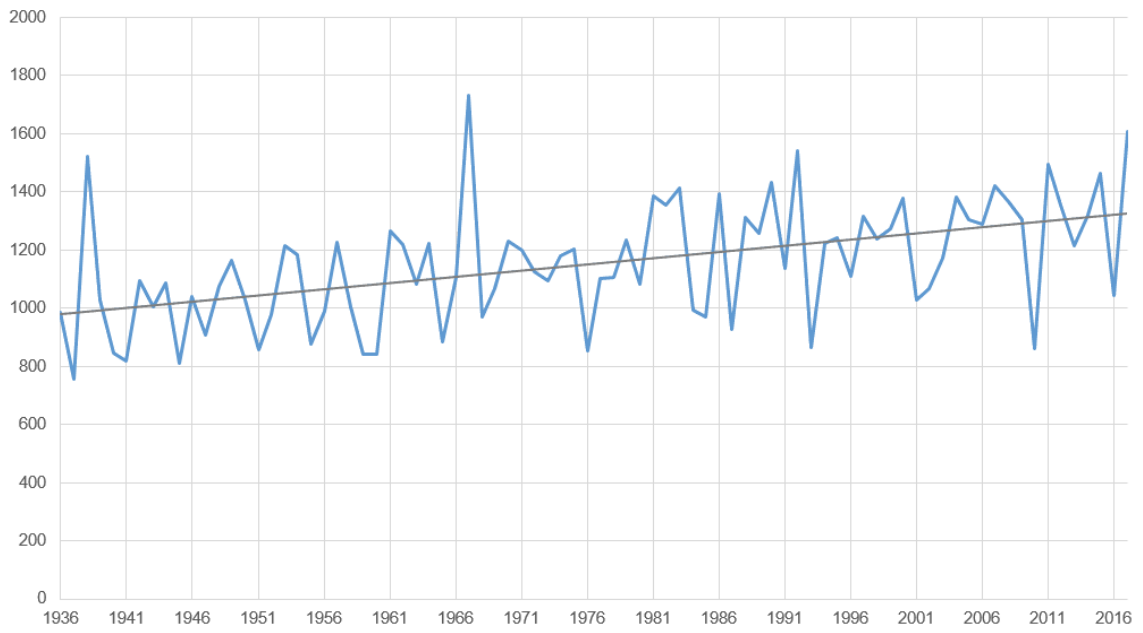
Høstnedbør Sviland



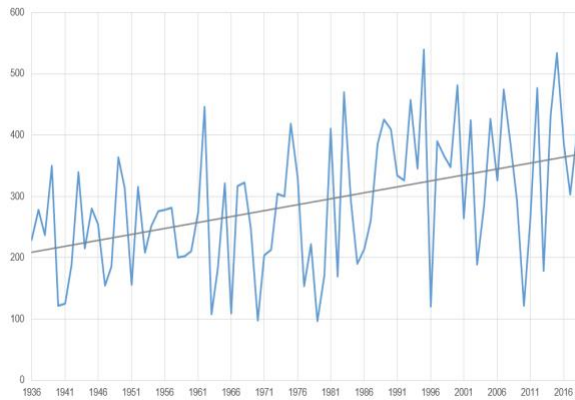
Årsverdier nedbør Suldalsvatn



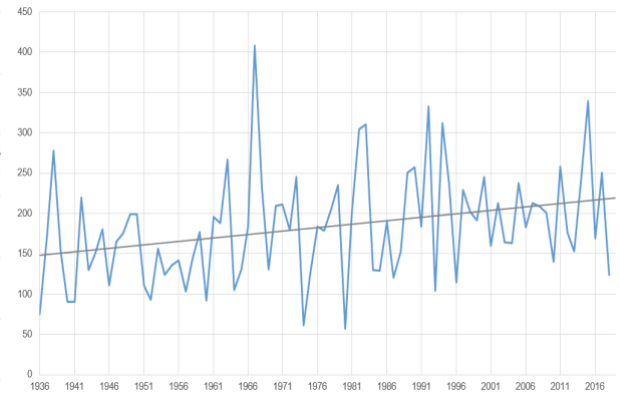
Årsverdier nedbør Sola



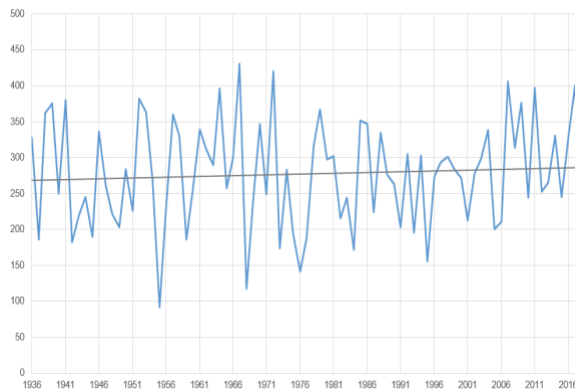
Vinternedbør Sola



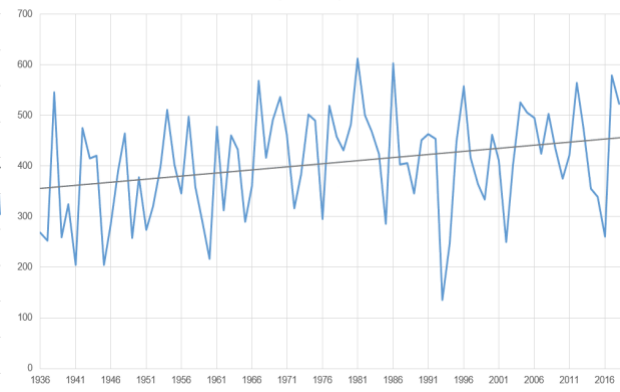
Vårnedbør Sola

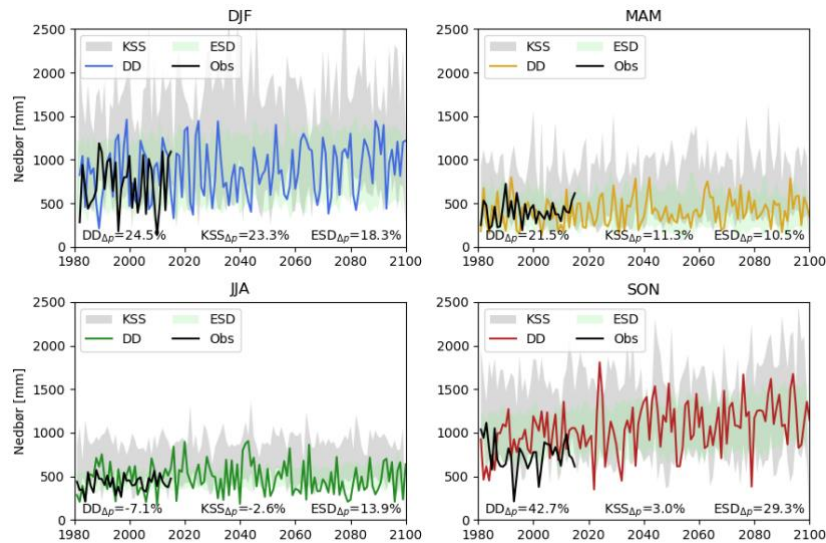


Sommernedbør Sola

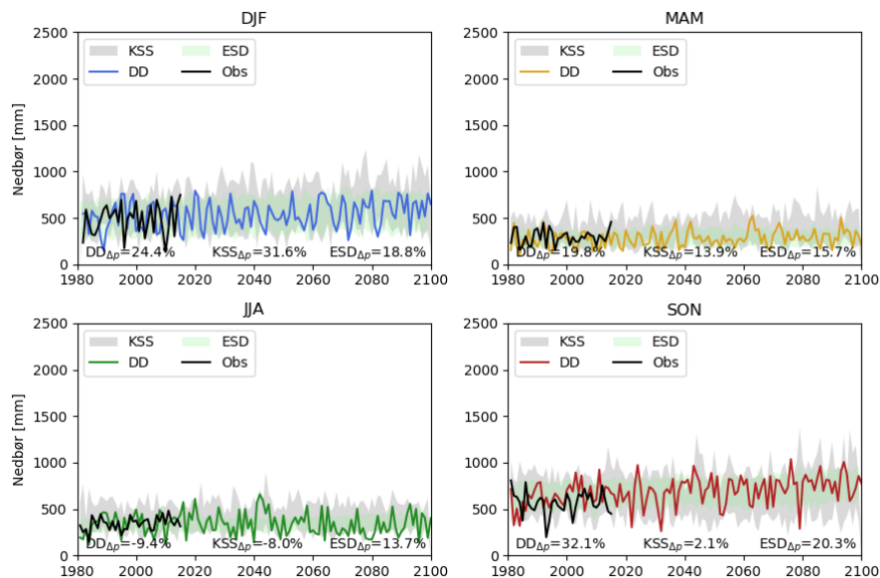


Høstnedbør Sola





Figur A.3: Beregnet sesongnedbørutvikling for **innlandsområde** fra 1980 til 2100 med et høyt utslippsscenario (RCP8.5). Forskjellige farger indikerer forskjellige beregningsmetoder. ESD: Empirical-statistical downscaling, DD: dynamical downscaling, KSS: 10 bias-korrigerede modeller fra Euro-CORDEX/Norsk Klimaservicesenter. Obs: Griddet observert data for hele Norge (seNorge versjon 2). Beregnet trend fra 1980 til 2100 for hver beregningsmetode er vist i nedre del i hver av figurene.



Figur A.4: Beregnet sesongnedbørutvikling for **kystområde** fra 1980 til 2100 med et høyt utslippsscenario (RCP8.5). Forskjellige farger indikerer forskjellige beregningsmetoder. ESD: Empirical-statistical downscaling, DD: dynamical downscaling, KSS: 10 bias-korrigerede modeller fra Euro-CORDEX/Norsk Klimaservicesenter. Obs: Griddet observert data for hele Norge (seNorge versjon 2). Beregnet trend fra 1980 til 2100 for hver beregningsmetode er vist i nedre del i hver av figurene.