

Del 1. Overordnet analyse av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland



Del 1. Overordnet analyse av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland

5. desember 2019

Borgar Aamaas
Alexander Berg

CICERO Senter for klimaforskning
P.B. 1129 Blindern, 0318 Oslo
Telefon: 22 00 47 00
E-post: post@cicero.oslo.no
Nett: www.cicero.oslo.no

CICERO Center for International Climate Research
P.O. Box 1129 Blindern
N-0318 Oslo, Norway
Phone: +47 22 00 47 00
E-mail: post@cicero.oslo.no
Web: www.cicero.oslo.no

Tittel: Overordnet analyse av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland

Forfattere: Borgar Aamaas og Alexander Berg

Finansiert av: Rogaland Fylkeskommune med midler fra Miljødirektoratet

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

Prosjekt leder: Carlo Aall (Vestlandsforskning)

Kvalitetssikrer: Marta Jansen (Vestlandsforskning)

Nøkkelord: Rogaland, klimaendringer, klimakonsekvenser, klimarisiko, ekstremnedbør, overvann, flom, havnivåstigning

Sammendrag: Rogaland fylkeskommune har gitt et konsortium av Vestlandforskning, CICERO Senter for klimaforskning, NORCE og MET i oppdrag å utrede konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland – utfordringer, muligheter og prioriteringer. Miljødirektoratet støtter dette prosjektet økonomisk. Denne rapporten svarer ut del 1 av prosjektet, som er en overordnet analyse av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland. Denne rapporten bygger i stor grad på en nylig sammenstilling gjort for Miljødirektoratet på klimakonsekvenser i Norge supplert med nyere forskning. Ved en vurdering av klimatilpasning er det vanlig å bruke føre-var prinsippet, altså at man legger de mest dramatiske klimaendringene til grunn. Derfor presenterer vi klimaendringer i Rogaland basert på en høy utslippsbane. For andre typer klimarelatert risiko kan andre utslippsbaner være naturlig å velge, slik som en svært lav utslippsbane for omstillingsrisiko gitt føre-var prinsippet. Klimaendringene vil utsette natur og samfunn i Rogaland for store og komplekse endringer. For nedbørsepisoder på under en time og som skjer sjeldnere enn hvert 50. år, vil veksten i intensiteten være 50 %. Overvann er den klimarelaterte enkeltskaden som gir størst kostnader i Rogaland. Havnivåstigningen vil føre til at vi i Stavanger kan forvente en 200-års stormflo skjer årlig fra 2070 og en 1000-års stormflo årlig fra 2080.

Språk: Norsk

Innhold

1	Sammendrag	4
2	Introduksjon	6
3	Klimaendringene fram mot 2100	7
	3.1 Innledning	7
	3.2 Temperatur	7
	3.3 Nedbør	8
	3.4 Vindforhold	10
	3.5 Snø	10
	3.6 Flom, vannføring og overvann	10
	3.7 Liten vannføring og tørke	11
	3.8 Isgang	11
	3.9 Skred	11
	3.10 Havnivåstigning og stormflo	12
	3.11 Havforsuring	13
	3.12 Indirekte klimaendringer	13
	3.13 Samlet vurdering av klimaendringer	13
4	Konsekvenser for natur og samfunn fram mot 2100	15
	4.1 Samfunnssikkerhet og beredskap	15
	4.2 Helse	16
	4.3 Natur- og kulturmiljøer	16
	4.4 Fysisk infrastruktur	21
	4.5 Næringsliv	24
	4.6 Samlet vurdering av klimaendringenes påvirkning	27
5	Klimarisikoverktøy for kommuner	29
	5.1 Klimaendringer og konsekvenser for Norge	30
	5.2 Klimarisiko for næringslivet	30
	5.3 Næringer i Rogaland fylke	32

1 Sammendrag

Rogaland fylkeskommune har gitt et konsortium bestående av Vestlandforskning, CICERO Senter for klimaforskning, NORCE og MET i oppdrag å utrede konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland – både med tanke på utfordringer, muligheter og prioriteringer for klimatilpasning. Miljødirektoratet støtter dette prosjektet økonomisk. Denne rapporten svarer ut del 1 av prosjektet, som er en overordnet analyse av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland. Klimaendringene som presenteres her vil settes i sammenheng med andre samfunnsendringer og relevante samfunnsforhold i de andre delene av dette prosjektet¹. Denne rapporten bygger i stor grad på en nylig sammenstilling gjort for Miljødirektoratet på klimakonsekvenser i Norge, og er supplert med nyere forskning. Ved en vurdering av klimatilpasning er det vanlig å bruke føre-var prinsippet, altså at man legger de mest dramatiske klimaendringene til grunn. Derfor presenterer vi klimaendringer i Rogaland basert på en høy utslippsbane. For andre typer klimarelatert risiko kan andre utslippsbaner være naturlig å velge, slik som en svært lav utslippsbane for omstillingsrisiko gitt føre-var prinsippet.

Klima er gjennomsnittsvær (temperatur, nedbør, vind, m.m.) over en lengre periode med de typiske værmønstrene for en lokasjon. I dag opplever vi menneskeskapte klimaendringer fordi menneskelig aktivitet fører til bl.a. utslipp av klimagasser. Denne rapporten ser på hvilke klimaendringer Rogaland kan oppleve fram til 2100 og hvordan det vil påvirke natur og samfunn.

Klimaendringene i Rogaland vil i stor grad følge trekkene som er forventet for landet som helhet, men med noen variasjoner. Endringene blir større ved slutten av århundret enn ved midten av århundret, men samtidig vil retningen det går i være stort sett den samme for disse to tidsperiodene. Fram mot 2100 er det økt sannsynlighet for kraftig nedbør, regnflom, jord-, flom- og sørpeskred og stormflo. I tillegg er det mulig økt sannsynlighet for tørke, snøskred, isgang og kvikkleireskred. Snøsmelteflommer vil kunne bli mindre sannsynlige.

Andre faktorer hvor vi ikke vet om klimaendringene vil påvirke disse er sterk vind, steinsprang og fjellskred. Både intensiteten og hyppigheten av kraftig nedbør er forventet å øke for alle sesonger i Rogaland. Jo mer ekstrem nedbørepisoden er, jo større vil veksten være. For nedbørsepisoder på under en time og som skjer sjeldnere enn hvert 50. år, vil veksten i intensiteten være 50 %.

Rogaland skiller seg litt ut på havnivåstigning. I Stavanger er det forventet en havnivåstigning på 79 cm fram til 2081-2100. Da kan vi forvente at en 200-års stormflo skjer årlig fra 2070 og en 1000-års stormflo årlig fra 2080. Klimaendringer i utlandet vil også indirekte påvirke Rogaland gjennom såkalt grenseoverskridende klimarisiko. Denne grenseoverskridende risikoen er sannsynligvis større enn risikoen fra klimaendringene som skjer i Rogaland.

¹ Prosjektet består også av en del 2 på analyse av sårbare og robuste arealer i Rogaland og en del 3 på skisse til en metode for utarbeiding av lokale klimaprofiler.

Natur og samfunn i Rogaland påvirkes av mange faktorer. Klimaendringer er bare en tilleggsfaktor. Når man skal forstå hvilke effekter klimaendringer får, bør man ta innover seg sammenhengene med de andre faktorene. Usikkerhetene er fremdeles store på disse samspillseffektene. Klimaendringene vil utsette natur og samfunn i Rogaland for store og komplekse endringer. For naturen er spesielt fjellet utsatt, mens også kysten med sanddynemarken påvirkes negativt.

Rogaland har i dag 32 arter og 34 naturtyper som står på rødlista for henholdsvis arter og naturtyper hvor klimaendringer er en faktor eller bifaktor. Ekstremnedbør, flom og havnivåstigning vil påvirke både naturen og samfunnet. Rogaland er et stort jordbruksfylke i Norge gitt de gode klimatiske forholdene. Lengre vekstsesonger og mer CO₂ i atmosfæren burde gi økt primærproduksjon. Men ekstremvær og andre hendelser vil også kunne gi lavere produktivitet og økt risiko for skader.

Overvann er den klimarelaterte enkeltskaden som gir størst kostnader i Rogaland, og som også forventes å gi betydelige utfordringer for bygninger og infrastruktur i Rogaland. Middelverdiene, som den gradvise temperaturstigningen, vil også påvirke Rogaland gradvis, som at arter gradvis vil flytte nordover og oppover i terrenget. Vi har ikke sett på hvordan endrete samfunnsforhold vil spille inn sammen med klimaendringer, noe som ikke må glemmes, men som blir gjort i andre deler av dette prosjektet.

Avslutningsvis presenterer vi klimarisikoverktøyet Kommunalbanken har utviklet (<https://klimarisiko.kommunalbanken.no/>), som i stor grad bygger på de samme resultatene som presentert i denne rapporten. For resultater på klimarisiko for den spesifikke kommune, se nettsiden. For kommunene og det lokale næringslivet er det en rekke risikoer knyttet til både effektene av klimaendringene (fysisk risiko) og omstillingen til lavutslippssamfunnet (omstillingsrisiko). Fysisk risiko beskriver risikoen knyttet til effektene og konsekvensene av klimaendringer. For eksempel, global oppvarming medfører havnivåstigning (virkning), som påvirker risiko knyttet til oversvømmelser (effekt), som kan ramme økonomiske verdier (konsekvenser).

2 Introduksjon

Rogaland fylkeskommune har gitt et konsortium av Vestlandforskning, CICERO Senter for klimaforskning, NORCE og MET i oppdrag å utrede konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland – utfordringer, muligheter og prioriteringer. Miljødirektoratet støtter dette prosjektet økonomisk. Denne rapporten svarer ut del 1 av prosjektet, som er en overordnet analyse av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland. Her går vi gjennom det eksisterende kunnskapsgrunnlaget på klimaendringer i Rogaland på en overordnet og lettfattig måte. For flere detaljer anbefaler vi kildegrunnlaget til denne rapporten. Klimaendringene som presenteres her vil settes i sammenheng med andre samfunnsendringer og relevante samfunnsforhold i de andre delene av dette prosjektet².

Forvaltningen i Rogaland løftet arbeidet på klimatilpasning i 2018. I regionalplanen spesifiseres seks tema under kunnskap om lokale klimautfordringer, noe vi tar opp i denne rapporten [1]. Disse seks punktene er flom og overvann, havnivåstigning og stormflo, økosystem og vekstsesong, tørke, skred og vindforhold. I tillegg inkluderer risiko- og sårbarhetsanalyse og rapport om regionale utviklingstrekk for Rogaland diskusjoner om klima [2, 3].

Denne rapporten bygger i stor grad på en nylig sammenstilling gjort for Miljødirektoratet [4] på klimakonsekvenser i Norge supplert med nyere forskning og rapporter på Rogaland [1-3], i tillegg til klimarisikoverktøyet Kommunalbanken har utviklet (<https://klimarisiko.kommunalbanken.no/>).

Ved en vurdering av klimatilpasning er det vanlig å bruke føre-var prinsippet, altså at man legger de mest dramatiske klimaendringene til grunn. Derfor presenterer vi klimaendringer i Rogaland basert på en høy utslippsbane, kalt RCP8.5. Hvis de globale utslippene blir mindre, vil man også få klimaendringer i Rogaland, men i mer moderat form. For planlegging og dimensjonering av infrastruktur er det vanlig å legge på et klimapåslag som en sikkerhetsmargin som tar med seg framtidige klimaendringer. For andre typer klimarelatert risiko kan andre utslippsbaner være naturlig å velge, slik som en svært lav utslippsbane for omstillingsrisiko gitt føre-var prinsippet.

I det første kapitlet vil vi presentere hvilke klimaendringer Rogaland vil oppleve, hvor det vil være overlapp med de seks prioriterte tema i regionalplanen for Rogaland [1]. Det neste kapitlet består av en vurdering hvilke konsekvenser dette får for natur og samfunn i Rogaland, med en sektorvis gjennomgang. Avslutningsvis vil vi presentere klimarisikoverktøyet Kommunalbanken har utviklet.

² Prosjektet består også av en del 2 på analyse av sårbare og robuste arealer i Rogaland og en del 3 på skisse til en metode for utarbeiding av lokale klimaprofiler.

3 Klimaendringene fram mot 2100

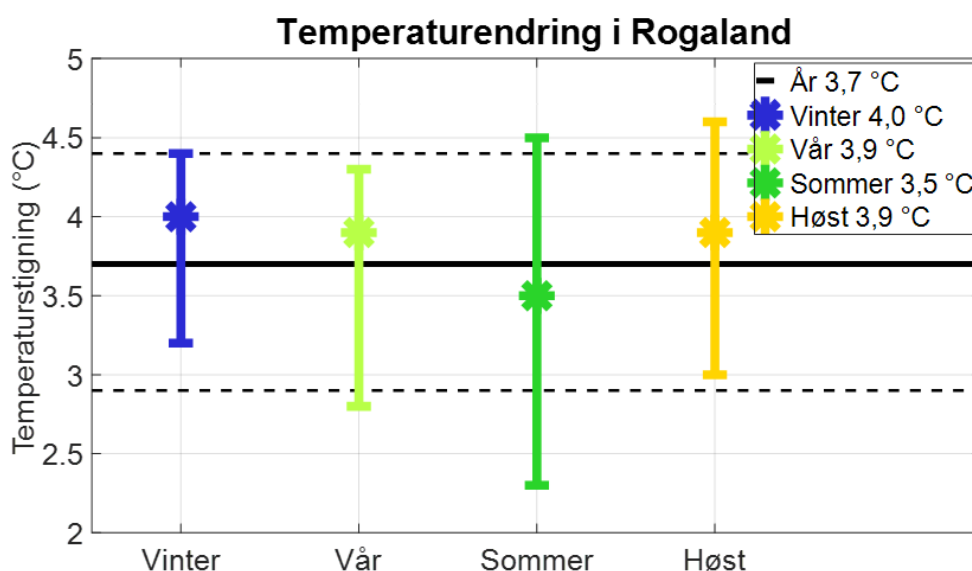
3.1 Innledning

Basis for denne rapporten er de siste rapportene fra FNs klimapanel, spesielt klimaframskrivingene fra den femte hovedrapporten [5]. I forbindelse med denne hovedrapporten ble det utviklet fire utviklingsbaner, såkalte Representative Concentration Pathways (RCP), som sier noe om de framtidige klimagassutslippene. Disse utslippene styres av bl.a. økonomisk vekst, befolkningsutvikling, teknologisk utvikling og klimapolitikk. I denne rapporten bruker vi den øverste banen (RCP8.5), dvs. den banen med størst utslipp og som gir størst klimaeffekt.

Vi vil nå gå gjennom en rekke faktorer som vil endre seg med klimaendringer. Det overordnede bildet er at endringene følger det vi forventer for Norge, men med noen særtrekk. Endringene er større ved slutten av århundret enn ved midten av århundret, men at retningen det går i vil være stort sett den samme for disse to tidsperiodene.

3.2 Temperatur

Den mest grunnleggende endringen med global oppvarming er at lufttemperaturen vil stige. Figur 1 viser at temperaturøkningen fra 1971-2000 til 2071-2100 i Rogaland er forventet til 3,7 °C, med størst økning om vinteren og minst om sommeren [6]. Økning er noe mindre enn sett for Norge totalt sett (4,5 °C på årsbasis), spesielt på vinteren [7]. Rogaland kommer lavt ut nasjonalt sett som skyldes nærheten til havet og den sørlige beliggenheten. Svært lave temperaturer vinterstid vil bli sjeldnere. Ved midten av århundret (2031-2060) vil oppvarmingen være omtrent den halve (1,9 °C på årsbasis) som ved slutten av århundret.



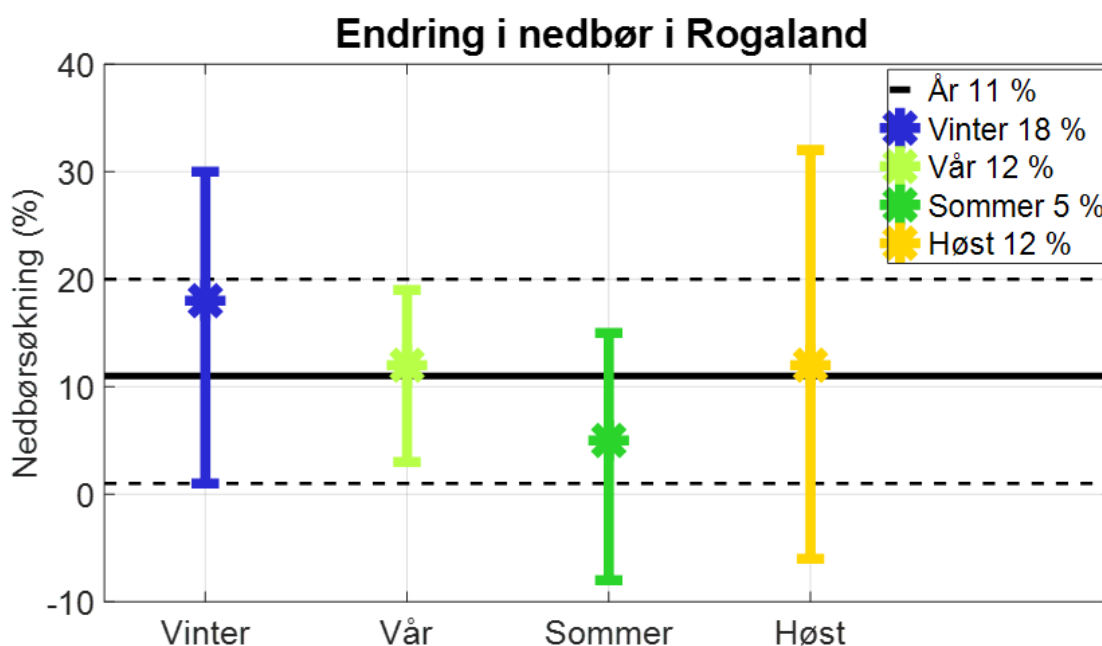
Figur 1: Beregnet endring i middeltemperatur i Rogaland fra 1971-2000 til 2071-2100 for de fire årstidene. Stjernen indikerer den mest sannsynlige endring, som er medianen, mens usikkerheten viser den største og minste endringen fra modellkjøringene. Den heltrukne svarte linjen er temperaturendringen på årsbasis, med de stiplede linjene som maksimal og minimal endring [6].

3.3 Nedbør

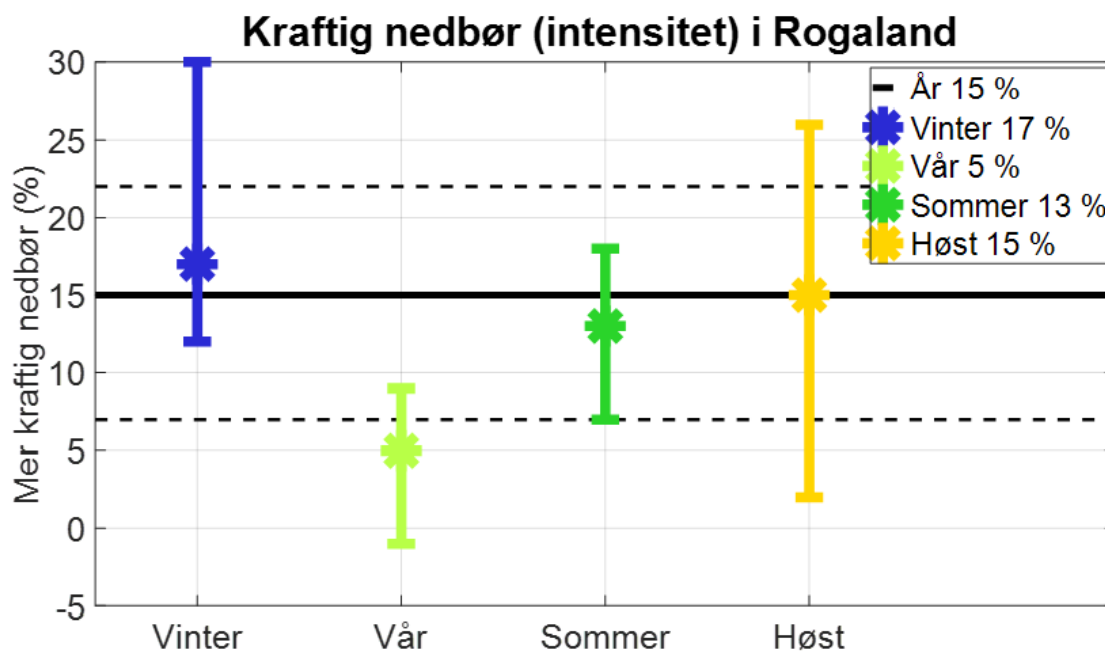
Økte temperaturer gir mer nedbør i Rogaland, med størst økning på vinteren. For hele året er det forventet en økning på 11 % (se Figur 2) [6]. Økningen er noe mindre enn nasjonalt (18 %) [7], noe som skyldes at Rogaland allerede er et fuktig fylke hvor endringer ikke gir så store prosentvise utslag. Økningen på vinteren ligger på 18 %, mens den bare er 5 % om sommeren. Gitt usikkerhetene i beregningene er det også en mulighet at spesielt sommeren kan bli noe tørrere. Trekkene er stort sett de samme ved midten av århundret (2031-2060), med en økning på årsbasis på 8 %.

Både intensiteten og hyppigheten av kraftig nedbør er forventet å øke for alle sesonger i Rogaland, se Figur 2 for hvor mye mer intens den kraftige nedbøren blir og Figur 3 hvor mye oftere det som vi i dag kaller kraftig nedbør vil skje i fremtiden. For nedbør over et døgn vil intensiteten øke med 15 % på årsbasis, med minst økning på våren. Her er den nasjonale trenden ganske lik, med 19 % økning nasjonalt. Ved midten av århundret (2031-2060) er økningen på 6 %. Veksten vil være enda mer markert i hyppigheten av ekstrem nedbør. Slike hendelser defineres som de to våteste dagene i løpet av året med dagens klima. For hele året er veksten i hyppigheten på 80 % for Rogaland, noe lavere enn for Norge. Veksten er størst om vinteren og nest størst om høsten. Til sammenligning vil veksten i hyppigheten bare være 33 % ved midten av århundret (2031-2060).

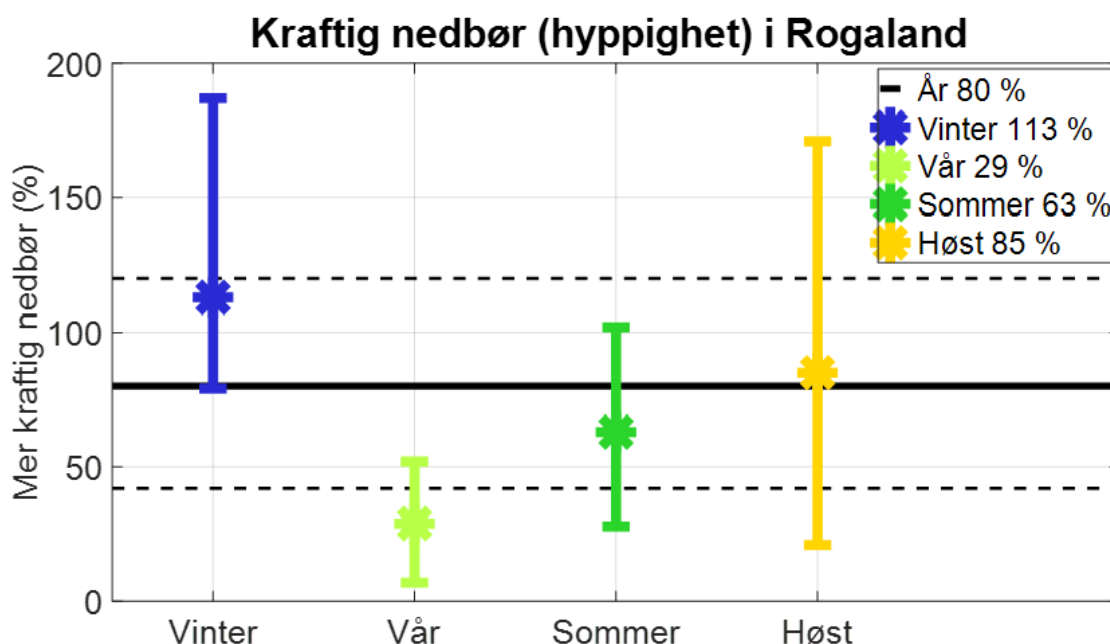
Jo mer ekstrem nedbørsepisoden er, jo større vil veksten være [8]. I Tabell 1 skiller det mellom nedbørsepisoder i nedbørrike områder av Norge som skjer oftere enn hvert 50. år og sjeldnere enn hvert 50. år. I tillegg deler tabellen episodene etter hvor lange de er, fra under en time til ett døgn. For episoder som varer opptil ett døgn og som inntreffer oftere enn hvert 50. år vil veksten være på ca. 20 %, mens for nedbørsepisoder på under en time og som skjer sjeldnere enn hvert 50. år, vil veksten være langt større med 50 %.



Figur 2: Beregnet endring i total nedbør i Rogaland fra 1971-2000 til 2071-2100 for de fire årstidene. Stjernen indikerer den mest sannsynlige endring, som er medianen, mens usikkerheten viser den største og minste endringen fra modellkjøringene. Den heltrukne svarte linjen er endring i nedbør på årsbasis, med de stiplede linjene som maksimal og minimal endring [6].



Figur 3: Beregnet hvor mye mer intens den kraftige nedbøren blir i Rogaland i 2071-2100 sammenlignet med 1971-2000 for de fire årstidene. Stjernen indikerer den mest sannsynlige endring, som er medianen, mens usikkerheten viser den største og minste endringen fra modellkjøringene. Den heltrukne svarte linjen er endringen på årsbasis, med de stiplede linjene som maksimal og minimal endring [6].



Figur 4: Beregnet hvor mye oftere den kraftige nedbøren kommer i Rogaland i 2071-2100 sammenlignet med 1971-2000 for de fire årstidene. Stjernen indikerer den mest sannsynlige endring, som er medianen, mens usikkerheten viser den største og minste endringen fra modellkjøringene. Den heltrukne svarte linjen er endringen på årsbasis, med de stiplede linjene som maksimal og minimal endring [6].

Tabell 1: Hvor mye kraftigere svært sjeldne regnskyll blir i 2071-2100 sammenlignet med 1971-2000. Disse klimapåslagene gjelder for nedbørrike områder av Norge og er ikke spesifikt for Rogaland [8]. Rødt indikerer størst endring, grønn minst.

Varighet på nedbørsepisode	Nedbørsepisode som inntreffer oftere enn hvert 50 år	Nedbørsepisode som inntreffer sjeldnere enn hvert 50 år
Under 1 time	40 %	50 %
2 til 3 timer	30 %	30 %
4 til 6 timer	30 %	30 %
7 til 24 timer	20 %	30 %

3.4 Vindforhold

Rogaland er et fylke med mye vind. Konsekvenser av kraftig vind kan være store med store skader. I et varmere klima er det mer energi i klimasystemet og dermed større potensial for sterk vind. Men det er stor usikkerhet i om vindforholdene vil endre seg med klimaendringene [7]. Noen analyser viser at det kanskje bli flere av de kraftigste stormene på vinterstid, men ellers må det mer forskning til å avgjøre om vindforholdene vil endre seg.

3.5 Snø

Høyere temperaturer gir kortere snøsesonger og mindre snø. Høyreliggende strøk av Rogaland er blant områdene i Norge som vil se størst reduksjon i maksimal snømengde. Likevel kan det først bli mer snø i høyfjellet mot midten av hundreåret med mer nedbør som snø om vinteren, før det blir en reduksjon der også.

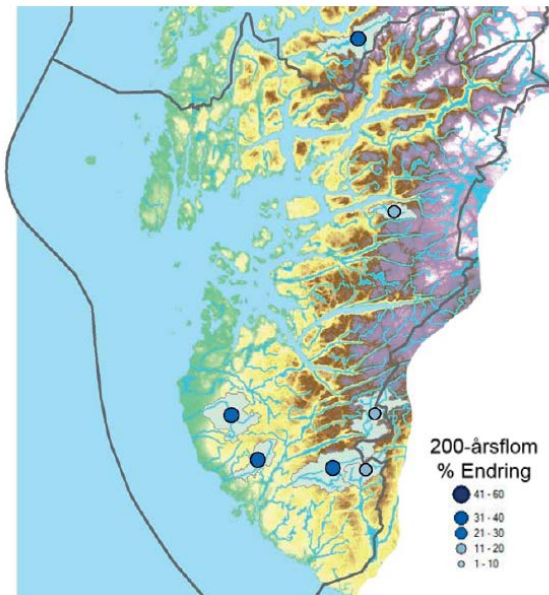
3.6 Flom, vannføring og overvann

Hvor stor vannføringen er, altså hvor mye vann det er i elvene, styres av nedbør, snøsmelting og fordampning. Mer nedbør og snøsmelting gir mer vann, mens økte temperaturer fører til større fordampning og mindre vann i elvene. Totalt sett er det forventet en økning i vannføringen i Rogaland, som i resten av Norge. Økningen blir størst om vinteren, mens avrenning kan minke på sommeren. Mer avrenning om vinteren kommer av kombinasjonen av mer nedbør, mer nedbør som regn, mildere vær og flere episoder av snøsmelting.

Det er ikke gjennomsnittsnedbøren som gir flom og overvann, men derimot den kraftige nedbøren. Overvann er overflateavrenning som følge av nedbør og smeltevann før vannet når nærmeste vassdrag. Rogaland har små til middels store nedbørfelt med lav til middels bratthet. For eksempel har Østlandet større elver slik som Glomma, mens lengre nord på Vestlandet er det flere nedbørfelt i bratte skråninger. For elver ute ved kysten av Rogaland er det forventet et klimapåslag på 20-30 % for flommene, mens de noe mer høytliggende elvene i innlandet har mindre enn 20 % forventet økning [9]. Totalt sett gir dette et klimapåslag på 20 % for Rogaland, se også Figur 5. Flommer kan som regel betegnes som regnflommer eller snøsmelteflommer. For Rogaland er de fleste elvene dominert av regnflommer om høsten og vinteren med dagens klima, men denne tendensen blir enda mer markant i framtiden. Dette er til forskjell fra deler av Østlandet, f.eks. Glomma hvor de største flommene er snøsmelteflommer. Mens snøsmelteflommene etter hvert blir mindre med avtagende snødekke og komme tidligere på året, kan regnflommer i indre deler av Sogn og Fjordane ha en enda større vekst enn de i Rogaland.

De korte og kraftige nedbørsepisodene som blir enda mer intense vil gjøre regnflommene større. Jo større endringer i nedbør, jo mer kan det slå ut i større flommer. Dermed risikerer vi større flommer ved slutten av århundret versus midten av århundret. Det er spesielt små vassdrag med bratte elver og bekker som påvirkes mest av kraftig korttidsnedbør. Tettbygde strøk med tette flater vil også

være ekstra sensitiv. Spesielt utfordrende vil det være når mindre elver finner nye flomveier eller påvirker områder som ikke var utsatt før. En urbanisering av befolkningsentrum bidrar til utfordringene med overvann fordi flere tette flater øker avrenningen. Analyser viser at 7 % av Rogalands befolkning bor i mulige fareområder [3].



Figur 5: Endring i størrelsen på 200-årsflommer i Rogaland [6]. En økning på ca. 20 % er å forvente.

3.7 Liten vannføring og tørke

Lite nedbør, lite vann fra snøsmelting og mer fordampning vil alle potensielt gi mindre vannføring i elvene og tørke. Om det blir tørke eller ikke om våren styres av snøsmelting og nedbør, mens om sommeren er det kombinasjonen av nedbør og fordampning som gjelder. Det er ikke bare nedbør som er avgjørende for tørke. Om våren er snøsmelting sentralt, mens tørkeperioder om sommeren forårsakes også av fordampning. Varmere klima betyr mer fordampning. Tørke betyr gir mindre vann i elvene, senket grunnvannstand og økt markvannunderskudd. Deler av Sør-Norge vil kunne oppleve noe mindre nedbør om sommeren, men når det først kommer, vil de kraftige bygene være kraftigere. For Rogaland sin del vil nedbøren i gjennomsnitt øke litt om sommeren, men vi kan heller ikke utelukke litt mindre nedbør. Men kombinert med økt fordampning øker dette sannsynligheten for tørke om sommeren, slik som opplevd sommeren 2018 for store deler av Sør-Norge. Sommertørke vil bli et mer utbredt fenomen for Sørlandet og Østlandet. Gitt at risikoen for tørke øker jo lenger sør i Norge man drar, er tørke i Rogaland også noe mer sannsynlig i de sørligste delene av fylket.

3.8 Isgang

Isgang i elver gir sjeldent skader i Rogaland i dag. Ved mildvær og mye regn kan isgang oppstå i en sone litt inn fra kysten. Med klimaendringer vil denne sonen flyttes lengre inn i landet og opp i høyden. Mot slutten av århundret vil elver ved kysten bli nesten isfrie, mens vinterisganger kan skje hyppigere og høyere opp i Rogaland enn i dag.

3.9 Skred

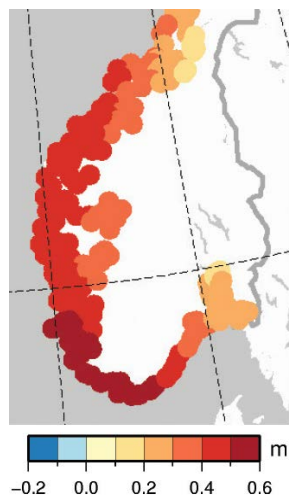
Mer ekstremvær vil kunne gi mer skred. Været er ofte en viktig utløsningsfaktor for skred. Med oftere og mer intensiv kraftig nedbør vil hyppigheten av skredd i bratt terreng øke, av jord-, flom-

og sørpeskred. I hovedsak vil disse skredene ramme områder som allerede i dag opplever skred, men også nye områder som har blitt sett på som trygge kan oppleve skred. Faren for snøskred vil øke mest i indre strøk, sørpeskred lengre ute ved kysten og jordskred og flomskred mest langs kysten [2]. Risikoen for kvikkleireskred øker også noe, men Rogaland har ikke store arealer hvor dette kan skje siden landhevingen etter istiden har vært langt mindre enn i andre deler av landet og dermed ligger den såkalte marine grensen lavt. For større typer fjellskred (av typen «Mannen», som raste høsten 2018 i Romsdal) har vi ikke grunnlag for å hevde at klimaendringer bidrar til en endring.

3.10 Havnivåstigning og stormflo

Smeltende breer og varmere havvann vil føre til havnivåstigning [10]. Ytre deler av Rogaland er blant de områdene i Norge som vil oppleve den største havnivåstigningen, se Figur 6. For de indre kommunene av Rogaland bremses havnivåstigningen av at landet fremdeles heves etter istiden. For mange av kommunene i Rogaland vil havnivåstigningen ligge på 78-80 cm fram til 2081-2100, men ned mot 62 og 64 cm for indre deler som Sauda og Vindafjord og opptil 81 cm for ytre strøk som Utsira, Kvitsøy og Klepp. Det er en risiko for at havnivåstigningen blir enda større enn dette siden estimatene fra FNs klimapanel er forsiktige av natur [11].

Hovedutfordringen med havnivåstigningen er at stormfloen blir større. Havet står på sitt høyeste under stormflo. I Stavanger vil forventet havnivåstigning på 79 cm fram til 2081-2100 føre til at en stormflo som bare skjer en gang hvert 200 år i dag, inntreffe nesten 40 ganger totalt i løpet av dette århundret [10]. Frekvensen av disse stormfloene vil øke med havnivåstigningen. Ved en 200-års stormflo står havet 115 cm over middelvannet og ved en 1000-års stormflo står havet 123 cm over middelvannet i Stavanger. Gitt havnivåstigningen kan vi forvente at en 200-års stormflo skjer årlig fra 2070 og en 1000-års stormflo årlig fra 2080. Kombinert med store bølger vil dette gi utfordringer. Havet vil komme lengre inn i landet enn før.



Figur 6: Endring av relativt havnivå fra 1986-2005 til 2081-2100 i Sør-Norge. Kilde: [4, 6]. Den mørkerøde fargen indikerer kystområder som vil oppleve den største havnivåstigningen.

Tabell 2: Havnivåstigning fra 1986-2005 til 2081-2100 i ulike deler av Rogaland. Tabell er fra planprogrammet til regionalplanen [1].

Anbefalt klima-påslag (cm)	Region Dalane	Region Jæren	Region Haugalandet	Region Ryfylke
62				Sauda
64			Vindafjord	
74				Suldal
76				Hjelmeland
77				Finnøy, Strand
78		Gjesdal	Tysvær (Hervik)	Rennesøy, Forsand
79		Randaberg, Stavanger, Sandnes	Tysvær (Grinde)	
80	Eigersund, Sokndal	Hå, Sola	Haugesund, Karmøy, Bokn	
81		Klepp	Utsira	Kvitsøy

3.11 Havforsuring

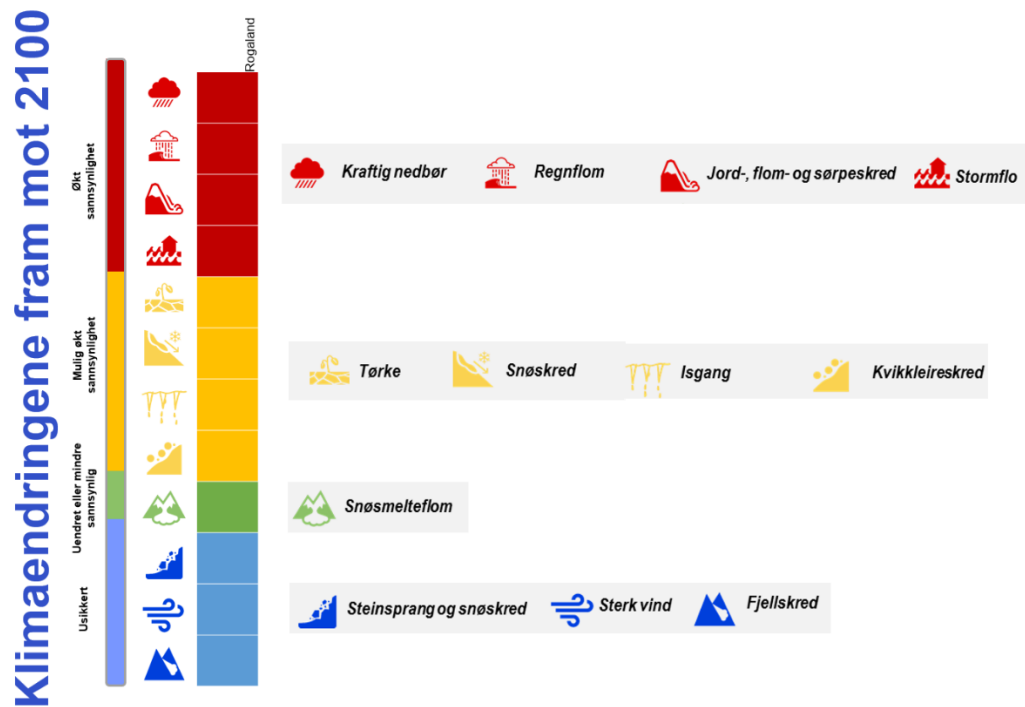
Havet vil også varmes opp, selv om temperaturstigningen i havet går saktere enn i atmosfæren ettersom det tar lang tid å varme opp alt vannet. En tilleggsfaktor er at mer CO₂ i atmosfæren også er koblet til mer CO₂ i havet og dermed et surere hav. Karbonet reagerer med vann og danner karbonsyre. Fra 2000 til 2065 er det forventet at pH-verdien i overflatevannet reduseres med 0,2 [12].

3.12 Indirekte klimaendringer

Klimaendringer i utlandet vil også indirekte påvirke Rogaland gjennom såkalt grenseoverskridende klimarisiko [13]. Rogaland er tett koblet til resten av verden, bl.a. gjennom handel. Denne grenseoverskridende risikoen er sannsynligvis større enn risikoen fra klimaendringene som skjer i Rogaland.

3.13 Samlet vurdering av klimaendringer

Klimaendringene i Rogaland vil i stor følge trekkene som er forventet for landet som helhet, men med noen variasjoner som vi har dratt fram. Endringene blir større ved slutten av århundret enn ved midten av århundret, men samtidig vil retningen det går i være stort sett den samme for disse to tidsperiodene. Endringene som vil oppleves i Rogaland oppsummeres i Figur 7. Fram mot 2100 er det økt sannsynlighet for kraftig nedbør, regnflom, jord-, flom- og sørpeskred og stormflo. I tillegg er det mulig økt sannsynlighet for tørke, snøskred, isgang og kvikkleireskred. Snøsmelteflommer vil kunne bli mindre sannsynlige. Andre faktorer hvor vi ikke vet om klimaendringene vil påvirke disse er sterk vind, steinsprang og fjellskred.



Figur 7: Endringer i Rogaland i 2071-2100 relativ til 1971-2000 for klima, hydrologiske forhold og naturfarer. Økt sannsynlighet (rødt), mulig økt sannsynlighet (gul), uendret eller mindre sannsynlig (grønt), usikkert (blått). Kilde: [4, 6].

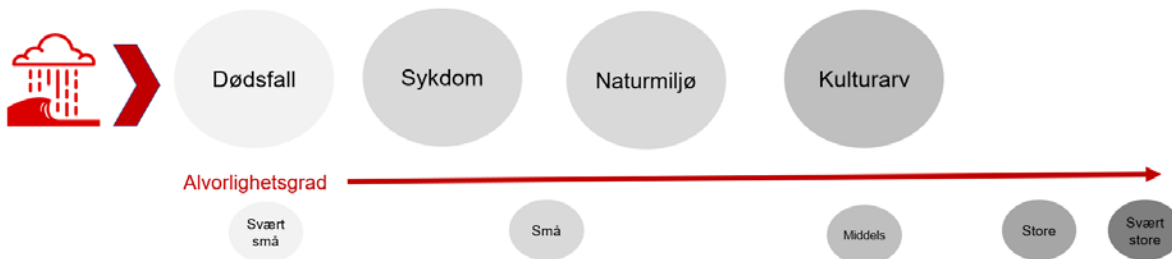
4 Konsekvenser for natur og samfunn fram mot 2100

Natur og samfunn i Rogaland påvirkes av mange faktorer. Klimaendringer er bare en tilleggsfaktor. Når man skal forstå hvilke effekter klimaendringer får, bør man ta innover seg sammenhengene med de andre faktorene. Klimaendringer påvirker både direkte og indirekte. For en del effekter er det enkle sammenhenger, som at en dobling av temperaturen gir dobbelt så store utslag. For andre aspekter eksisterer det vippepunkter hvor effekten plutselig blir mye større med litt mer oppvarming. F.eks. viste 1,5-gradersrapporten fra FNs klimapanel at en økning i global temperatur fra 1,5 °C til 2 °C doubler de negative effektene på enkelte områder, og ikke en økning på 33 % om alt var lineært [14]. De mest synlige endringene er ekstremvær og spesifikke hendelser, men klimaendringer vil også bestå av krypende endringer, slik som endringer i middelverdier. Kunnskapshullene når det gjelder hvordan klimaendringer kan påvirke natur og samfunn er fremdeles store. Det er også en generell kunnskapsmangel om samspillseffektene mellom klimaendringer og andre endringsprosesser i natur og samfunn. I dette kapitlet vil vi gå gjennom hvilke konsekvenser klimaeffektene vi presenterte i det forrige kapitlet slår ut på natur og samfunn.

4.1 Samfunnssikkerhet og beredskap

Klimaendringer gir utfordringer for samfunnssikkerheten. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) har utgitt en rekke risikoanalyser for ulike hendelser i Norge basert på scenarier [15]. Det som gir størst skade av det de har sett på er flom i by forårsaket av ekstremnedbør som mest sannsynlig. Analysen er gjort for Drammen, men er delvis relevant for byer i Rogaland. Byer på det sentrale Østlandet og rundt Oslofjorden vil trolig oppleve mer av disse ekstreme nedbørshendelsene enn byer i Rogaland. I analysen er konsekvenser for liv og helse rangert lavere enn for konsekvenser for kulturarv (se Figur 8). Veier og tunneler, i tillegg til beredskap og kriseledelse blir påvirket mest. I moderat grad blir også vann og avløp, tilgang til elektronisk kommunikasjon, strømforsyning og redningstjenester påvirket. De har også laget et scenario på tre samtidige skogbranner i ulike deler av landet, men finner at det gir mindre konsekvenser enn for mange andre naturhendelser urelatert til klimaendringer. Konsekvensene av skogbrannene blir da vurdert som høyest for langtidsskader på naturmiljø, med en middels stor konsekvens. Lave konsekvenser er satt for alvorlig skade og syke under liv og helse, direkte økonomiske tap og sosiale og psykologiske reaksjoner blant befolkningen. Av de 25 scenarioene DSB har laget, er også to andre relatert til klimaendringer, men mindre relevante for Rogaland. Den ene analyserer storm i indre Oslofjord, hvor vurderingene er lite relevant for Rogaland. Den andre er snøsmelteflom på Østlandet, som på sikt vil bli mindre og som bare i liten grad er relevant for flommene i Rogaland.

Eksempel: Ekstremnedbør og regnflom i by



Figur 8: Vurdering av konsekvenser for ekstremnedbør og regnflom for by. Det spesifikke caset er for Drammen, men funnene er relevante for byer i Rogaland [4, 15].

4.2 Helse

Generelt sett er det lite forskning på hvordan klimaendringer slår ut på liv og helse og hvordan Rogaland vil påvirkes sammenlignet med resten av landet. Innenfor helse vil klimaendringer påvirke eksponering til virus, bakterier, parasitter og miljøgifter. Men i tillegg er helsesektoren svært avhengig av fysisk infrastruktur. Varmere og våtere klima vil muliggjøre nye sykdommer, slik som større utbredelse av flått. Fuktproblemer og muggsopp innendørs kan også bli mer vanlig, som øker risikoen for en rekke allergier og luftveislidelser. Et annet resultat er lengre og kraftigere pollensesong, hvor også nye arter kan etablere seg og gi nye pollenplager. Et varmere klima kan også endre på hvor mye mennesker blir eksponert for miljøgifter, f.eks. at større avrenning fra byområder og landbruket fører mer miljøgifter og næringssalter på avveier. Rogaland er et jordbruksfylke. Klimaendringene kan føre til økt bruk av plantevernmidler og insektsmidler for å beskytte avlingene og for å unngå utbrudd av smittsomme utbrudd. Disse stoffene kan komme på avveie enten i naturen eller menneskene gjennom maten.

Ved kraftig nedbør kan bakterier og parasitter spres, f.eks. fra avløpsledninger og renseanlegg som ikke klarer å ta unna alt vannet. Drikkevannet kan da påvirkes og overløp til vassdrag og sjøområder kan spre disse bakteriene og parasittene.

Sett fra et samfunnsøkonomisk synspunkt er det vanskelig å kvantifisere effekter siden det mangler klare sammenhenger mellom klimaforhold og helse. Arbeidsproduktiviteten vil ikke påvirkes selv med store temperaturøkninger i Rogaland, til forskjell fra det mye varmere Sør-Europa. Studier finner negative helseeffekter for arbeidstilbudet, men i mindre grad enn for de fleste andre europeiske regioner. Studier i utlandet har satt søkelys på hetebølger, mens her i Norge er konsekvensene av ekstremvær undersøkt mer og er også mer relevant.

4.3 Natur- og kulturmiljøer

Klimaendringer vil slå gunstig ut for noen arter og være negativt for andre arter i Rogaland. Klimaendringer vil føre til at arter flytter nordover og oppover i terrenget. Noen arter vil miste sine leveområder og til og med dø ut. I tillegg blir det økt innvandring av arter som har hatt en sørlig utbredelse. De generelle trekkene for landet som helhet gjelder også for Rogaland siden Rogaland er et lite stykke Norge med fjell, fjord, flate landskap og mange naturtyper.

Klimaendringer er spesielt krevende for økosystem på høyfjellet, som Rogaland også har noe av, ettersom de ikke kan flytte seg videre oppover i terrenget. Nesten halvparten av alle truede arter som trolig blir negativt påvirket av klimaendringer i Norge knyttes til fjellet (fjellrev, reinsdyr og alpine arter). Havstrand, slik som sanddynemarkforekomster på Jærstrendene, og ferskvann er andre utsatte natur og naturtyper. Arter som er spesielt tilpasset spesifikke klimasoner er også utsatt.

Andre naturtyper vil få økt utbredelse, blant annet myr og våtmarkstyper som følge av et fuktigere klima.

Vi har tatt ut de artene i Norge som er truet som befinner seg i Rogaland og som påvirkes av klimaendringer. Disse artene befinner seg på Norsk rødliste for arter 2015 [16]. Rødlista skiller mellom kritisk truet (CR), sterkt truet (EN), sårbar (VU) og nær truet (NT). For Rogaland gjelder dette 32 arter (se Tabell 3), mot 87 truede arter for hele landet. De fleste artene blir også negativt påvirket av flere andre menneskelige faktorer. Artsgruppene som har flest truede arter i Rogaland er lav (10 arter), fugler (9 arter) og karplanter (5). De tre artene som er kritisk truet er lavartene irsk hannelav og stor praktkrinlav og fuglen lomvi. Disse 32 artene finner man i naturtypene fjell (12 arter), skog (11 arter), berg, ur og grunnlendt mark (8 arter), saltvannssystemer (7 arter), semi-naturlig eng og hei (7 arter) og kysttilknyttet mark (5 arter).

På tilsvarende vis har vi også sett på Norsk rødliste for naturtyper 2018 [17]. Naturtype er et begrep som ligger tett opp til begrepet økosystem. En naturtype er en ensartet type natur som dekker alle levende organismer i tillegg til miljøfaktorene og geologien i det geografiske området. Ca. halvparten (123 naturtyper) av naturtypene i Norge som er vurdert står på Rødlista, hvor 74 er betegnet som truet. Landbruket er den faktoren som påvirker flest av de nasjonale rødlistede naturtypene, med klimaendringer på andreplass med 35 naturtyper. Hvis vi bare ser på naturtypene som befinner seg i Rogaland, som påvirkes av klimaendringer og har fått en vurdering, står vi igjen med 34 naturtyper (se Tabell 4). Dermed er de fleste naturtypene som er rødlistet nasjonalt også lokalisert i Rogaland. For mange av disse naturtypene er klimaendringer bare en tilleggsbelastning og ikke nødvendigvis det som er hovedårsaken til at naturtypen er truet. Den eneste av disse naturtypene som er kritisk truet er slåttemark. Det er fleste truede naturtyper i kategorien fjell og berg.

Tabell 3: Alle de rødlistede artene i Norge som har utbredelse i Rogaland og som påvirkes av klimaendringer. Arter klassifiseres i ulike kategorier etter hvor truet de er. Fra mest til mulig truet har vi kritisk truet (CR), sterkt truet (EN), sårbar (VU), nær truet (NT). Naturtypene disse artene befinner seg i er berg, ur og grunnlendt mark (B), fjell (A), skog (S), semi-naturlig eng og hei (SM), saltvannssystemer (M), kysttilknyttet mark (Ky), sterkt endret mark (Ko), flomsone (FI), våtmarkssystemer (V), is, snø og breforland (I) og åker og oppdyrket eng (Å) (se også Tabell 4). De fleste artene påvirkes også av flere andre menneskelige faktorer, hvor klimaendringer bare er ett aspekt. Datagrunnlaget er Norsk rødliste for arter 2015 [16].

Norsk navn	Artsgruppe	Naturtyper	Rødliste	Andre påvirkninger
Irsk hinnelav	Lav	S SM	CR	Ja
Sylmose	Moser	B	EN	Ja
Bergjunker	Karplanter	B A	EN	
Gul buktrinslav	Lav	S	EN	Ja
Lomvi	Fugler	M Ky	CR	Ja
Stor praktkrinslav	Lav	S	CR	Ja
Hårkrinslav	Lav	B S	VU	Ja
Snøgras	Karplanter	A	VU	
Prakthinnelav	Lav	S SM	VU	Ja
Kranshinnelav	Lav	S SM	VU	Ja
Kort trollskjegg	Lav	B S	NT	Ja
Pigghå	Fisker	M	EN	Ja
Alke	Fugler	M Ky	EN	Ja
Kystrosettlav	Lav	S SM Ko	EN	Ja
Krykkje	Fugler	M Ky Ko	EN	Ja
Håbrann	Fisker	M	VU	Ja
Jøkelstarr	Karplanter	FI A	VU	
Lappspurv	Fugler	A	VU	Ja
Lunde	Fugler	M Ky	VU	Ja
Kysthumle	Vepser	SM Ky	NT	Ja
Prakttraugmose	Moser	B S A	NT	Ja
Norsk malurt	Karplanter	FI B A	NT	
Sivspurv	Fugler	A V	NT	Ja
Hare	Pattedyr	S SM Å	NT	Ja
Lophelia pertusa	Koralldyr	M	NT	Ja
Fjellrype	Fugler	A	NT	Ja
Lirype	Fugler	A S	NT	Ja
Jemtlandsrapp	Karplanter	I A	NT	
Strandhinnelav	Lav	B	NT	Ja
Faksjøkelmose	Moser	A B	NT	
Grå punktlav	Lav	SM Ko	NT	Ja
Blåstrupe	Fugler	A	NT	Ja

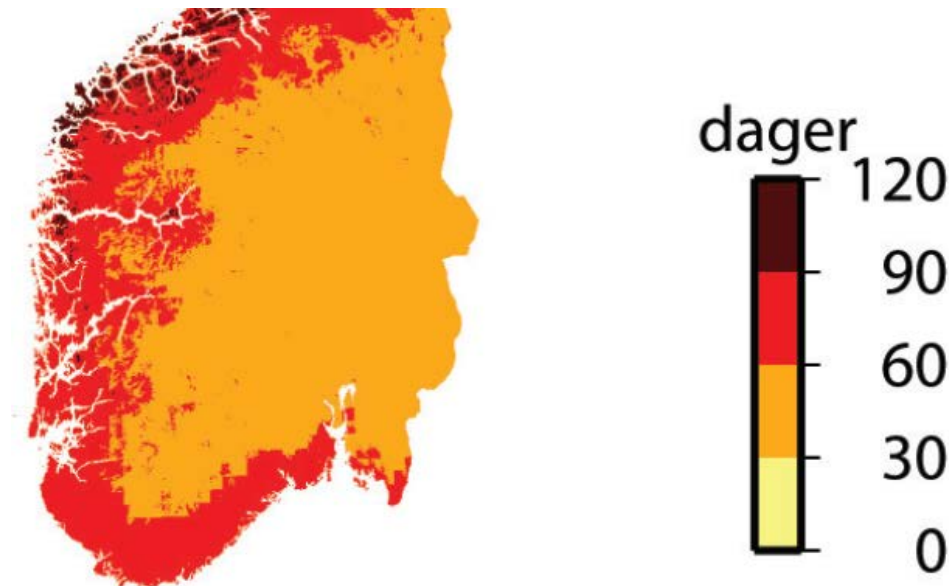
Tabell 4: Alle de rødlistede naturtypene i Norge som har utbredelse i Rogaland og som påvirkes av klimaendringer. Naturtyper klassifiseres i ulike kategorier etter hvor truet de er. Fra mest til mulig truet har vi kritisk truet (CR), sterkt truet (EN), sårbar (VU), nær truet (NT). Datagrunnlaget er Norsk rødliste for naturtyper 2018 [17].

Naturtype	Kategori	Rødliste
Slåttemark	Semi-naturlig	CR
Åpen grunnlendt kalkrik mark i boreonemoral sone	Fjell og berg	EN
Silt og leirskred	Fjell og berg	EN
Sørlig etablert sanddynemark	Fjell og berg	EN
Semi-naturlig strandeng	Semi-naturlig	EN
Kystlynghei	Semi-naturlig	EN
Atlantisk høymyr	Våtmark	EN
Rik åpen sørlig jordvannsmyr	Våtmark	EN
Fosseberg	Fjell og berg	VU
Snøleie	Fjell og berg	VU
Fuglefjell-eng og fugletopp	Fjell og berg	VU
Fosse-eng	Fjell og berg	VU
Sanddynemark	Fjell og berg	VU
Våtsnøleie og snøleiekilde	Fjell og berg	VU
Botnbre	Landform	VU
Dalbre	Landform	VU
Dalsidebre	Landform	VU
Platåbre	Landform	VU
Sammensatt bre	Landform	VU
Strandeng	Semi-naturlig	VU
Boreal hei	Semi-naturlig	VU
Boreonemoral regnskog	Skog	VU
Flomskogsmark	Skog	VU
Terrengdekkende myr	Våtmark	VU
Sørlig kaldkilde	Våtmark	VU
Svært tørkeutsatt sørlig kalkberg	Fjell og berg	NT
Snøleieberg	Fjell og berg	NT
Fjellhei, leside og tundra	Fjell og berg	NT
Rabbe	Fjell og berg	NT
Åpen flomfastmark	Fjell og berg	NT
Snøleieblokkmark	Fjell og berg	NT
Rabbeklokkmark	Fjell og berg	NT
Snø og is	Fjell og berg	NT
Kanthøymyr	Våtmark	NT

4.3.1 Terrestriske økosystemer

Landbaserte økosystemer styres av vekstsesongen. Økte temperaturer vil forlenge vekstsesongen, som defineres ut ifra når døgnmiddeltemperaturen ligger over 5 °C. Mot slutten av århundret vil vekstsesongen være 1-3 måneder lengre, med størst økning i de ytre strøkene av Rogaland (se Figur

9). Høyere konsentrasjoner av CO₂ i atmosfæren vil bidra til mer effektiv fotosyntese. Totalt sett gir dette økt primærproduksjon og et raskere næringsstoffkretsløp. På den andre siden kan en økning av ekstremværhendelser og andre hendelser påvirke primærproduksjon og økosystem negativt. For eksempel kan tap av snødekke og flere fryse-tine sykluser gjøre vegetasjon mer sårbar, mindre herdet, gi skader på blomster og skudd og føre til isbrann.



Figur 9: Økning i antall dager av vekstsesong fra perioden 1971-2000 til 2071-2100 [7].

Havnivåstigning vil direkte påvirke utformingen av havstrand-fjæresonen. Større områder blir berørt av stormflo, som igjen vil påvirke erosjon og påleiring av sedimenter langs kysten. Der hvor stranden ikke kan utvide seg bakover vil arealet reduseres. For Rogaland gjelder dette spesielt sanddynemarkforekomster på Jærstrendene.

Større flommer og mer vannføring kan øke utbredelsen til flommarker og fossenger. Sand- og grusspesialister i disse områdene kan bli negativt påvirket. For elver og vann vil mer nedbør og kraftigere flommer føre til økt erosjon og massetransport og mer partikler i vannet, som kan innvirke negativt på fisk. Et fuktigere klima vil derimot øke utbredelse av de fleste myrer og våtmarkstyper.

Flere tørkeperioder om sommeren vil blant annet gi økt skogbrannfare. Skog som svekkes av tørke vil være mer utsatt for pestutbrudd og lignende.

Kulturlandskapet gror igjen. Slåttemark er den eneste naturtypen som er vurdert som kritisk truet i Norge som befinner seg i Rogaland (Tabell 4). Kystlynghei vil også gro igjen og få en mer fuktig utforming.

Fjellet går igjen både over listen over rødlista arter (Tabell 3) og naturtyper (Tabell 4), både nasjonalt og for Rogaland. Av naturtyper som kan komme under press finner vi de som er knyttet til rabber, lesider og lavereliggende snøleier.

Kunnskap om hvordan klimaendringer påvirker insekter er lav. Insekter som knyttes til vanlige naturtyper og som ikke har spesialisert seg i stor grad kan tilpasse seg klimaendringene best.

4.3.2 Marine og ferskvannøkosystemer

Fisk påvirkes hovedsakelig gjennom temperatur og vannføring. Fiskene vekstmuligheter vokser med økte temperaturer, opp til et visst nivå. Vanntemperaturer over 20-25 °C vil være kritisk for fisk som laks. Kaldtvannsortene (ørret, røye, laks, harr og sik) kan bli svekket i Sør-Norge og Rogaland, mens nye og fremmede arter gjør inntog. Økt avrenning kan gi flere partikler og næringssalter i vannet, som kan være positivt inntil et punkt hvor dødeligheten for egg og larver øker.

To av de største truslene mot marint biomangfold er varmere hav og havforsuring. Havforsuring kan ha store konsekvenser for marine arter og økosystemer. Dette er en større utfordring her til lands enn i andre områder siden våre farvann er kalde og kaldt vann kan ta opp mer CO₂ dermed forsterke havforsuringen. Dette er spesielt utfordrende for arter som er avhengig av kalkskall ettersom det blir vanskeligere å danne kalkskallene. Men havforsuring kan føre til giftigere algeoppblomstring [18]. Endringer for sjøfugl er også forventet, men usikkert hvordan siden sammenhengene er komplekse. Kunnskapsnivået er også lavere for det som skjer på havets bunn utenfor Rogaland enn det som skjer ved havoverflaten.

4.3.3 Kulturmiljøer

Kulturhistoriske bygninger og miljøer påvirkes også av klimaendringer [19]. En god del av de bevaringsverdige bygningene er i tre. Økt nedbør, mildere vintre og høyere luftfuktighet vil gi større fare for råteskader og skadedyrangrep. Risikoen for råteskader er allerede høy langs kysten av Rogaland, mens ved slutten av århundret vil risikoen være høy i hele fylket [20]. Endringene er større og mer dramatiske i de tørre og kalde delene av Norge, som Østlandet og Nord-Norge. Økt biologisk vekst vil også bidra til raskere nedbrytning, for eksempel at busker og trær forsinker uttørring av bygning og har røtter som ødelegger grunnmurer. Kulturminner og infrastruktur langs kysten blir utsatt for havnivåstigning og medfølgende stormfloer. Flom og skred gjør kulturminner langs vassdrag og i rasutsatte områder mer utsatt. DSB fant i sin analyse på ekstremnedbør, regnflom og overvann i by at risikoen var størst for kulturmiljøer [15].

4.4 Fysisk infrastruktur

Fysisk infrastruktur diskuteres også i andre deler av rapporten siden det er overlapp, f.eks. om kraftforsyning i 4.5.4.

4.4.1 Bygninger

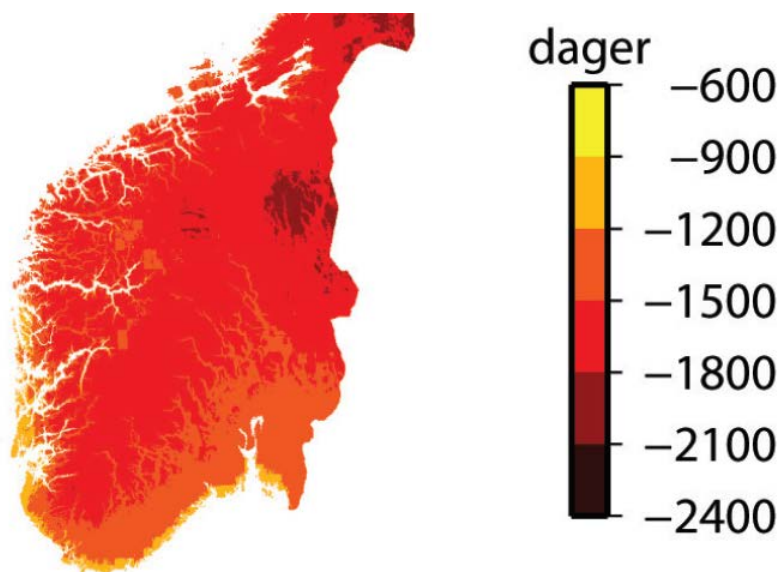
Bygninger står ute i vind og vær. Klimaendringer vil gi mer nedbør og fuktigere klima, noe som gjør bygninger mer sårbare. Ofte og kraftigere nedbør, flom og skred er de største truslene forårsaket av klimaendringer. Økt nedbør, mildere vintre og høyere luftfuktighet vil gi større fare for råteskader og skadedyrangrep. I tillegg kan en kombinasjon av endringer, for eksempel kan gradvise slitasje også gjøre fysisk infrastruktur mer utsatt for ekstremværhendelser. Uheldig lokalisering, som tettbygde områder langs sjø og elv, bidrar også til sårbarhet. Innredning i kjellere og sokkeletasjer i hus er utsatt. Den typen ekstremvær som vil påvirke infrastruktur og bygninger mest er kraftig nedbør som forårsaker skadelige flommer og skred. Alle deler av Norge vil påvirkes av mer kraftig nedbør. Tette flater og lite vegetasjon forsterker utfordringen med mye vann på kort tid. Det er ikke nødvendigvis de største tettstedene som framstår som mest utsatt for overvannskader, men det er en oppfatning at det er tettsteder med stor andel tette flater som er mest utsatt. For infrastruktur i kystnære byer som ligger lavt i terrenget vil stormflo være den største utfordringen. Rogaland og andre deler av Vestlandet blir mest påvirket siden Stavanger og Bergen er de byene som vil oppleve flest 1000-års stormfloer ved slutten av århundret (minst en gang i året). Konsekvensene ved midten av århundret vil være langt mer moderat siden havnivåstigningen kommer gradvis.

Havnivåstigning og medfølgende stormfloer påvirker bygninger og transportnett. I Tabell 5 vises en oversikt over antall bygninger, lengde på veier og størrelse på areal i kommuner i Rogaland som vil bli påvirket ved framtidig havnivåstigning, med og uten 200 års stormflo. De fleste kommuner i

Rogaland har infrastruktur som blir påvirket. Det er en risiko for at havnivåstigningen kan bli større enn overslagene gitt her, og havnivåstigningen vil fortsette etter år 2100, selv om utslippene reduseres. Samtidig reduserer et varmere klima med mildere vintre behovet for oppvarming, spesielt i indre og høyere strøk av Rogaland, men i enda større grad for indre og nordlige strøk av Norge (se Figur 10).

Tabell 5: Havnivåstigningen vil påvirke kommunene i Rogaland. Her er anslått antall bygninger, lengde på veier og størrelse på areal som blir påvirket, med og uten 200-års stormflo. Tabell er fra regionale utviklingstrekk i Rogaland [3].

Havnivåstigning 2090				Havnivåstigning 2090 og stormflo 200 år		
Kommune	Bygninger	Lengde vei (km)	Areal (km ²)	Bygninger	Lengde vei (km)	Areal (km ²)
Eigersund	Ingen data	Ingen data	Ingen data	841	4,5	2,01
Sandnes	51	0	0,05	355	9,7	0,65
Stavanger	573	2,7	0,74	1536	19,6	2,6
Haugesund	139	0,3	0,49	329	3,4	1,04
Sokndal	Ingen data	Ingen data	Ingen data	225	2,6	0,62
Hå	Ingen data	Ingen data	Ingen data	40	1,2	3,05
Klepp	Ingen data	Ingen data	Ingen data	2	0	0,94
Gjesdal	22	0,1	0,09	50	1	0,25
Sola	Ingen data	Ingen data	Ingen data	294	6,9	3,12
Randaberg	28	0,7	0,23	123	2,4	0,76
Forsand	62	0,1	0,1	117	0,6	0,24
Strand	324	1,2	0,19	479	3,4	0,46
Hjelmeland	119	0,1	0,28	203	1,7	0,63
Suldal	408	0,9	0,77	611	3,9	1,4
Sauda	19	0	0,02	61	0,8	0,1
Finnøy	551	2,9	1,42	684	5,6	2,61
Rennesøy	256	4,4	1,12	441	11,1	2,4
Kvitsøy	170	0,3	0,78	254	1,9	1,39
Bokn	193	1,1	0,69	282	2,5	1,37
Tysvær	677	1,3	1,43	1213	7,4	3,59
Karmøy	1201	2,6	2,57	2188	15,3	5,5
Utsira	28	0	0,18	50	0,2	0,33
Vindafjord	705	0,3	0,71	1015	5,9	1,62



Figur 10: Reduksjon i fyringsgrader fra perioden 1971-2000 til 2071-2100 [7]. Fyringssesongen defineres som regel som den perioden hvor døgnmiddeltemperaturen er under 10 °C.

4.4.2 Transport

Slitasje og skadeomfang på transportinfrastruktur og mengde trafikkavbrudd forventes å øke med økt nedbør, økt nedbørintensitet, temperaturendringer og flere flom- og skredhendelser. Med mildere vintre kan det bli mer fuktig snø, som kan resultere i mer trefall over veier og annen infrastruktur. Mange av disse trekkene gjelder for Rogaland som resten av landet. For indre, høyereliggende og nordlige strøk av Norge vil mildere vær i første omgang kunne bety mer snø og mer variasjon rundt frysepunktet, som vil gi større utfordringer. På den andre siden vil lavere strøk av Rogaland kunne forvente både mindre snø og mindre problem med temperaturer rundt frysepunktet. Men mindre snø gjør framkommeligheten bedre på land og mindre behov for brøyting. Samtidig gir økte nedbørmengder økt belastning på dreneringssystem og større utfordringer med overvann. I Rogaland er flere veier, veibruer og jernbanebruer utsatt. Flere flommer og skred vil være en fare for trafikksikkerheten og kan øke avbruddsfrekvensen. Underdimensjonering av overvannsrør og drenering vil forsterke utfordringene. En oversikt over km veg i Rogaland som blir berørt av havnivåstigning gis i Tabell 5. En oppsummering indikerer at veier på Vestlandet, sammen med Nord-Norge, vil være spesielt utsatt for klimaendringene [21].

Sjøfart er vant med harde forhold, slik som mye vind. Havnivåstigning og stormflo kan gi økt belastning og slitasje på moloer, kaianlegg og lignende. På samme måte vil sjønære lufthavner være mer utsatt for bølger og erosjon. Dette øker også risikoen for utvasking av miljøfarlige avfallsstoffer fra flyplassene.

De økonomiske konsekvensene for transportvirksomheten avhenger delvis av mulige virkninger på transportbehovet og delvis på virkninger på infrastruktur. Totalt blir den økonomiske effekten negativ for transport, men med positive bidrag fra redusert veislitasje om vinteren. Veislitasjen blir mindre med færre temperatursvingninger rundt frysepunktet og mindre brøyting. De negative effektene kan være små, men er ekstra ødeleggende fordi det slår direkte ut inn i alle sektorer.

4.4.3 Vann og avløp

Vann og avløp vil også påvirkes av klimaendringer. Mange vannverk og avløpsanlegg er lokalisert nær elver og langs kysten, og kan dermed være utsatt for flommer, stormfloer og skred. Oktoberflommen i 2014, som traff hardest rett nord for Rogaland, er et eksempel på det. Økt erosjon øker tilførelsen av partikler og forurensing til råvannskilden. I tillegg vil ikke avløpsnettene kunne ta

alt vannet under episoder med kraftig nedbør, som gir overvann og erosjon. Konsekvensen er utslipp av avløp som ikke blir renset.

4.4.4 Overvann

Problematikk rundt overvann diskuteres flere plasser i denne rapporten siden det berører mange aspekter ved klimaendringer i Rogaland. Ettersom overvann kanskje er den største utfordringen og er mye diskutert, har vi et eget underkapittel om overvann her. Det har til og med blitt skrevet en egen utredning (NOU) på temaet [22]. Overvann er i dag den klimarelaterte skaden som gir størst kostnader, noe vi også forventer i framtida. Skadedataene for Rogaland viser at overvann er en stor utfordring for byene i fylket. I områder med tette flater, som i byområder med bygninger, asfalterte gater og parkeringsplasser kan store overvannsmengder gi store økonomiske skader på bygninger, anlegg og annen infrastruktur. Skader kommer av vanninntrenging i bygninger utenfra, altså overvann som renner inn i kjeller, tak og lignende, men også kjelleroversvømmelser hvor overvann og spillvann presses tilbake og opp gjennom sluk i kjellere. Den ene risikoanalysen fra DSB gikk på ekstremnedbør i by og påfølgende overvann [15]. Konsekvensene overvannet har for infrastruktur, mennesker og natur presenteres i 4.1.

4.5 Næringsliv

Næringslivet påvirkes direkte av klimaendringer (f.eks. tørkeproblemer for jordbruket) og indirekte (innsatsfaktorer, som kraftfôr, blir dyrere etter værhendelser i utlandet). Ikke overraskende er de naturbaserte næringene, som jordbruk og fiskeoppdrett, mest utsatt for virkninger av klimaendringer. Mest kunnskap finnes også på dette området når det gjelder virkninger av klimaendringer på næringslivet, spesielt innen matproduksjon. For eksempel gir tørkeperioder økt skogbrannfare, økt vanningsbehov og utfordringer for settefiskanlegg.

Fiskeoppdrett og mange andre næringer er veldig eksportretta industrier. Dermed er man avhengig av hva som skjer med resten av verden. Økonomien i Norge og Rogaland er nært knyttet til de naturgitte forutsetningene. Det gjør økonomien sårbar, men innebærer også nye muligheter. Økonomien i Rogaland er godt integrert i verdensøkonomien, noe som gir både sårbarhet fordi vi er avhengige av andre, men også spillerom for å tilpasse oss endringer.

4.5.1 Jordbruk

Rogaland er et stort jordbruksfylke i Norge gitt de gode klimatiske forholdene. Oppsummert for jordbruket gir økt temperatur lengre vekstsesong, mens jordbruket påvirkes også av økt nedbør med mer ekstremvær. Primærproduksjonen vil kunne øke, men hendelser vil også kunne gi lavere produktivitet og økt risiko for skader. Lengre vekstsesong og varmere vær gir fleksibilitet og potensialet for nye arter. På den andre siden vil ekstremnedbøren føre til økt avrenning, som kan gi store skader på jordsmonnet og økt dreneringsbehov for å kunne bruke jorda. Risikoen for planteskadegjørere og husdyrsykdommer som reduserer produktiviteten øker også med klimaendringer.

Økt planteproduksjonen følger av lengre vekstsesong, høyere temperaturer og mer CO₂ i atmosfæren. Dette gjelder for både Rogaland og Norge. Den frostfrie perioden kan bli vesentlig lengre, spesielt i lavlandet og ved kysten. Sesongen kan starte tidligere, og resultatet kan være høsting av flere avlinger i løpet av et år og dyrking av arter og sorter som trenger mer varme. Dyrkingsområdene kan bli utvidet og det kan åpnes opp for nye vekster. Resultatet isolert sett er større avlinger.

På den andre siden kan plantehelsen påvirkes negativt. Varmere klima gir trolig raskere utviklingshastighet for skadeinsekter, flere generasjoner per år, økt utbredelse for skadeinsekter, sykdomsorganismer og økt forekomst av nye invaderende arter. Her kommer effektene plutselig, for eksempel at temperaturen må først overstige et terskelnivå. Varmere og fuktigere klima kan gi nye og ukjente dyresykdommer i Norge, særlig infeksjoner som overføres med insekter eller andre vektorer.

De siste årene har vist at bøndene må planlegge både for vann i bøtter og spann og for lite vann. Begge deler gir problemer, men forskjellige. Sesongen 2017 var svært våt og sesongen 2018 ble sterkt påvirket av langvarig tørke for store deler av Sør-Norge. En rapport fra en aktiv bonde viser hvordan avlingene i Norge har variert de siste årene og de mange utfordringene med det været som har vært [23]. Han undrer seg på framtidsscenarier som viser økt produksjon med klimaendringer, mens «bøndene erfarer det motsatte, nemlig at det har blitt vanskeligere å ta gode avlinger de senere årene». En ny rapport fra NIBIO viser også til erfaringer med de siste års værforhold som gir utfordringer for norsk landbruk [24]. Større variasjoner kan bli vanlig. Dessuten er Norge er i økende grad avhengig av mat- og fôrvareimport.

Et av scenarioa fra DSB går på global svikt i produksjonen for korn [15]. Lignende eksempler kan være relevant for jordbruk og fiskeoppdrett i Rogaland. I scenariene blir konsekvensene for Norge ansett som små, men størst effekt er de indirekte økonomiske tapene for forbrukere og jordbrukere gjennom dyrere matvarer og innsatsfaktorer (som kraftfor).

Samfunnsøkonomiske analyser viser at jordbruket på Vestlandet kommer bedre ut enn de fleste regioner i Europa, siden analyser viser at produktiviteten er forventet å øke med klimaendringer. Men disse analysene tar trolig ikke innover seg alle risikofaktorene som vil slå negativt ut, slik som ekstremvær og andre typer skader. Det er lettere å regne på de positive effektene enn de negative, og dermed gir slik analyser trolig for positive resultater.

4.5.1.1 Flom og overvann

Endringer i omfang og intensitet av nedbør vil særlig kunne påvirke jordbruket i Rogaland. Det er spesielt tidspunktet for nedbør som er avgjørende. I dag har ca. halvparten av dyrka jord i Norge grøftebehov [25]. Rogaland har et grøftebehov i dag nært det nasjonale gjennomsnittet, med størst behov på flate områder langs kyststripa. Med mer nedbør og avrenning vil dreneringsbehovet øke. Mer nedbør kan gi negative effekter som økt risiko for tråkkskader. Bruk av tunge maskiner uten å ødelegge jordene kan bli vanskelig, slik som til såing, innhøsting og konservering av gras. Oversvømmelser av landbruksareal kan bety at årets avling går tapt eller får sterkt redusert kvalitet.

Ved ekstremnedbør vil det være risiko for erosjon. Flommer og overvann kan føre til tap eller skade på jordbruksareal siden landbruksjorda forringes av erosjon, graveskader og tap av næringsstoffer. Dessuten kan også infrastrukturen skades av vannet, slik som landbrukseiendommer og drivhus.

4.5.1.2 Tørke

Tørke kan redusere kvaliteten og kvantiteten på avlingene, slik sommeren 2018 viste. Denne sommeren gav store økonomiske tap for norske bønder. Ettersom Rogaland det meste av tiden blir våtere, vil bedre grøfting være viktig. Men når først tørkeperioden kommer vil slik grøfting forsterke tørkestresset under tørkeperioder. Det er små forskjeller mellom regioner i Norge når det kommer til tørkutsatthet. Regionen Rogaland og Sørlandet har 7 % svært tørkeutsatt jord og 25 % noe tørkeutsatt jord, tett opp til det nasjonale gjennomsnittet [25].

4.5.1.3 Skred

Flere skred og på nye områder kan også skade jordbruksareal.

4.5.2 Skogbruk

De overordnede trendene for jordbruket gjelder også for skogbruket. Skogbruket vil isolert sett kunne øke produksjonen ved klimaendringer. Klimaendringene vil også kunne gi større risiko for skader ved stormer, pestutbrudd, tørke og skogbranner, som i noen tilfeller betyr hogst før hogstmodenhet, tap av skogbestander, reduserte inntekter og tap av karbonlager. Med klimaendringene vil vintersesongen forkortes og perioden med tele i jorden reduseres og dermed også sesongen for skogsdrift forkortes.

Stormskader kan bli mer vanlig om høsten og vinteren. Vindfelling skjer lettere når jorda er vannmettet og rotfestet er svakt, som vil oppstå ved økte nedbørmengder og våt jord og tint mark.

Risikoen for skogbrann øker også ved klimaendringer, ikke bare fordi tørkeperioden og periodene med markvannunderskudd vil bli lengre. Flere lynnedslag vil også bidra. Økningen i risikoen blir størst i Norge rett sør og øst for Rogaland.

4.5.3 Fiskeri og fiskeoppdrett

Klimaendringer kan gi storskala endringer i nøkkelarter som er viktig for produksjon og energi-overføring utenfor kysten av Rogaland, som kan være negativt for fiskerier og ressursutnyttelse. På den positive sida vil klimaendringer, som økt temperatur, kunne lede til økt utbredelse av fiskeressurser, som makrell, eller innvandring av flere nye arter og fiskeressurser sørfra. Men forsøk fra oppdrett har vist at laks tar opp føret dårligere og spiser mindre når temperaturen i havet øker. Havforsuring kan føre til giftigere algeoppblomstring, som gir utfordringer for fiskeoppdrett [18].

4.5.4 Vannkraft og kraftforsyning

Rogaland er det femte største vannkraftfylke i Norge ved å produsere nesten 15 TWh i året tilsvarende ca. 10 % av strømproduksjonen her til lands. Mye fjell og mye nedbør i Rogaland gir vannkraftinntekter. Mer nedbør gir økt avrenning (mer enn 15 % høyere ved slutten av århundret på Vestlandet), som gir større produksjon (mer enn 10 % høyere ved slutten av århundret på Vestlandet), men også noe større tap [26]. Mye av veksten i produksjonen på Vestlandet vil komme ganske tidlig i århundret, spesielt for de kraftverkene som ligger nedenfor isbreer. Den prosentvise økningen i produksjon ligger tett opp til det nasjonale gjennomsnittet. Tilsiget vil bli jevnere over året med mildere vintere. Flomtapene vil øke mer på Vestlandet (ca. 80 % høyere flomtap) enn på Østlandet mot slutten av århundret siden produksjons- og lagringskapasiteten på Vestlandet ikke er stor nok til å utnytte hele det økte tilsiget. Energiproduksjonen vil bli større, men samtidig vil etterspørselen gå noe ned med et varmere klima.

Strømbrudd skyldes ofte værhendelser, de vanligste er vind og/eller snøfall, ofte i samband med ekstremvær. Sterk vind og/eller store våte snømengder kan gi trefall over kraftledninger. De mest utsatte strekningene i høyfjellet for atmosfærisk ising kan bli enda mer belastet med klimaendringer. I tillegg påvirker tordenvær påliteligheten og har stått for 10-25 % av avbruddene i nettet. Fram mot 2050 er det forventet opp mot 25 % mer lyn- og tordenaktivitet.

4.5.5 Turisme

Rogaland har en rekke turistattraksjoner. Man kan tenke seg at dårligere vær gir dårlig vilkår, men vel så viktig er hvordan klimaendringer slår ut i andre land. Norge kan bli et mer populært turistland fordi utenlandske lokasjoner blir negativt påvirket. For varme somre i Middelhavet kan drive folk nordover. Selv om de blir vanskeligere for skianlegg her til lands, blir det enda vanskeligere for skianlegg i Alpene og tilsvarende plasser. Det er lite forskning på hvordan turisme i Rogaland blir påvirket sammenlignet med turisme i Norge.

4.5.6 Finans

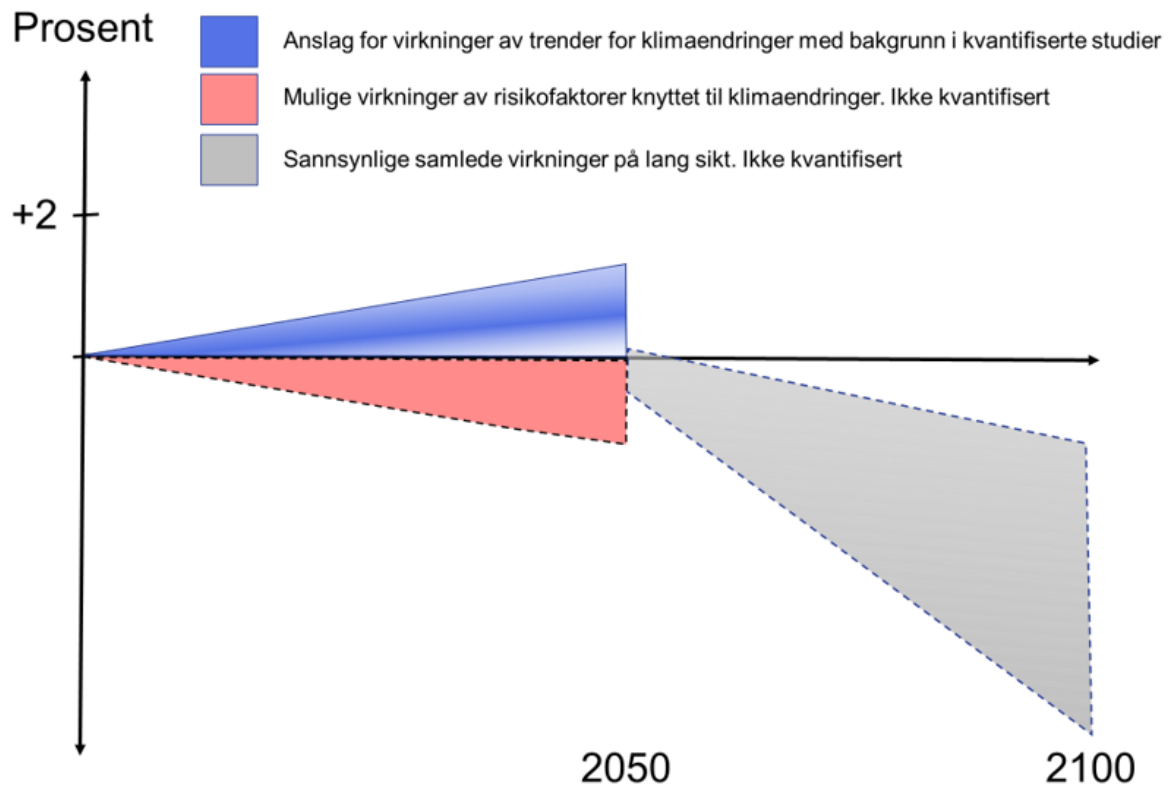
Finanssektoren i Rogaland er også utsatt for globale fysiske risikofaktorer, gjennom forsikringsindustrien og investeringer i globale markeder, som direkteinvesteringer som er utsatt for ekstremvær og havnivåstigning.

Klimaendringene vil gi økte kostnader og forsikringsutbetalinger relatert til ekstremvær, spesielt vann og nedbør. Dette gjelder spesielt bygninger og annen infrastruktur. En ny rapport fra Finans Norge viser at skadeutbetalinger i Rogaland i perioden 1980-2018 er delt omtrent på midten mellom vannskader/frost og naturskader (storm, skred, flom, stormflo) [27]. Av vannskader/frost kommer mer enn halvparten fra vanninntrenging innenfra og med et større bidrag i stopp i avløp og tilbakeslag. Nasjonalt er fordelingen mellom de ulike skadene ganske lik, men Rogaland kommer høyt ut på værrelaterte vannskader. Med kraftigere og oftere ekstremnedbør vil man få mye mer av overvannet. En økning i skadekostnadene fra overvann er observert i statistikken de siste årene. Skadekostnadene vil øke med ytterligere fortetting og urbanisering.

4.6 Samlet vurdering av klimaendringenes påvirkning

De siste årene har det kommet mye ny og oppdatert kunnskap om hvordan klimaendringene påvirker natur og samfunn. Men usikkerhetene og kunnskapshullene er fremdeles store på mange områder, spesielt på samspillseffekter. Mange av rapportene og studiene går på Norge, Norge som en del av en større region, eller større regioner i Norge og ikke nødvendigvis på Rogaland. Men de aller fleste funnene for landet som helhet treffer som regel også Rogaland. Klimaendringene vil utsette natur og samfunn i Rogaland for store og komplekse endringer, som regel i samspill med andre menneskelige faktorer eller samfunnsforhold. For naturen er spesielt fjellet utsatt, mens også kysten med sanddynemarken påvirkes negativt. Rogaland har i dag 32 arter og 34 naturtyper som står på rødlista for henholdsvis arter og naturtyper hvor klimaendringer er en faktor eller bifaktor. Ekstremnedbør, flom og havnivåstigning vil påvirke både naturen og samfunnet. Kysten av Rogaland er blant de områdene i Norge som vil oppleve havnivåstigningen mest merkbart. Stormfloer som historisk bare skjedde en gang hvert 1000 år, vil bli et vanlig skue hvert eneste år i Stavanger mot slutten av århundret. Overvann er den klimarelaterte enkeltskaden som gir størst kostnader i Rogaland, og som også forventes å gi betydelige utfordringer for bygninger og infrastruktur i Rogaland. Middelveidene, som den gradvise temperaturstigningen, vil også påvirke Rogaland gradvis, som at arter gradvis vil flytte nordover og oppover i terrenget. Vi har ikke sett på hvordan endrete samfunnsforhold vil spille inn sammen med klimaendringer, noe som ikke må glemmes, men som blir gjort i andre deler av dette prosjektet.

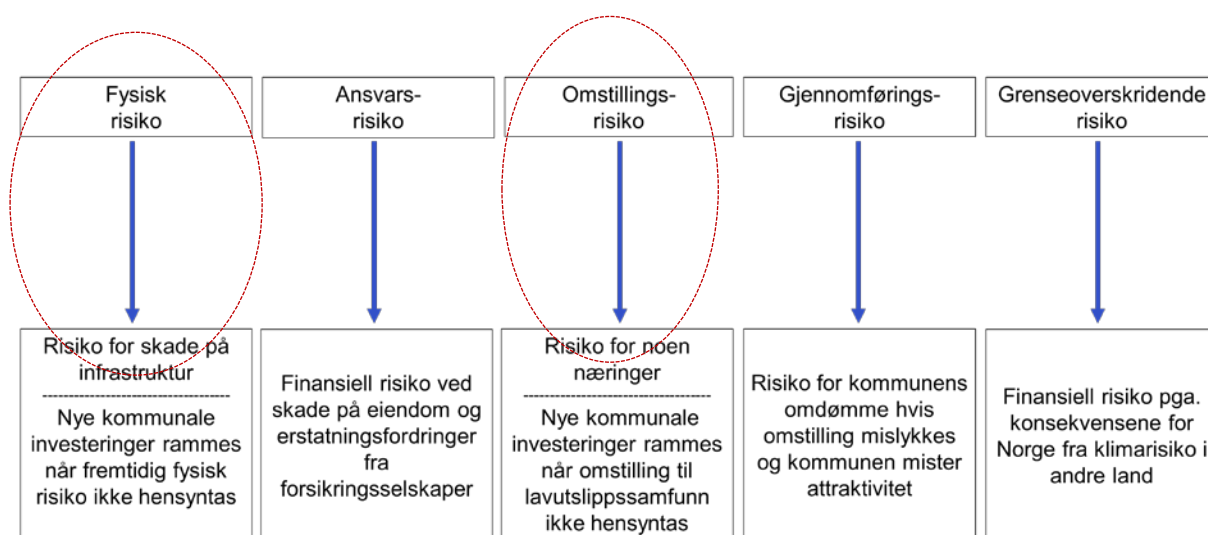
Generelt sett vil positive virkninger på naturgrunlaget (jordbruk, skogbruk og fiskeri/fiskeoppdrett) gi positive bidrag for økonomisk virksomhet. Men ofte er usikre og negative momenter ikke med i overslaget. Likevel er de økonomiske virkningene mindre enn de fysiske anslagene tilsier. Dette skyldes virkninger på prisene og den økonomiske tilpasningen som følger. Figur 11 viser at studier peker på klimaendringer som et positivt bidrag til samfunnsøkonomien i Norge, også trolig for Rogaland, fram til midten av århundret, men at de negative risikofaktorene trolig ikke er godt nok hensyntatt. På sikt vil trolige de negative virkningene bety mest for norsk økonomi og næringsliv. Til slutt er trolig de økonomiske virkninger av klimaendringer i utlandet vel så viktige for Rogaland som de direkte økonomiske virkningene av klimaendringer i Norge.




Figur 11: Retning på samfunnsøkonomiske konsekvenser som det finnes anslag for og konsekvenser som det ikke finnes anslag for [4].

5 Klimarisikoverktøy for kommuner

Basert på mer eller mindre det samme materialet som vist til i rapporten så langt, går vi nå gjennom et eksempel på klimarisikoverktøy som Kommunalbanken har gjennomført i samarbeid med CICERO. Verktøyet er tilgjengelig på <https://klimarisiko.kommunalbanken.no/>. Klimarisiko for den enkelte kommune i Rogaland er vist på denne nettsiden. Verktøyet fokuserer på ulike typer klimarelatert risiko for kommuner, se Figur 12. Vi vil dra fram det som er mest relevant for næringslivet i Rogaland.



 = Mest relevant klimarisiko for næringslivet.

Figur 12: Ulike risikoer som kommunene i Rogaland kan oppleve som er relatert til klimaendringer. Denne rapporten omhandler mest om fysisk risiko, men tar også opp grenseoverskridende risiko. Omstillingsrisiko løfter vi også fordi det er en klimarisiko som er viktig for næringslivet i Rogaland.

Dette kapittelet skal belyse risikoen for noen næringer i Rogaland. For det lokale næringslivet er det en rekke risikoer knyttet til både fysisk risiko og omstillingen til lavutslippssamfunnet (omstillingsrisiko).

- **Fysisk risiko** er risiko knyttet til effektene og konsekvenser av klimaendringer. Ekstremvær, flom, havnivåstigning, ulike typer ras mv. kan – dersom risikoen ikke tas hensyn til - medføre store direkte og indirekte kostnader for det lokale næringslivet og eksisterende og ny kommunal infrastruktur.
- **Omstillingsrisiko** kan påvirke næringslivet når endringer i regulering, teknologi eller konsumentadferd gjør at noen næringer mister konkurransekraften, spesielt hvis ikke de har evne til å omstille seg.

5.1 Klimaendringer og konsekvenser for Norge

5.1.1 Fysisk risiko

Den fysiske risikoen av klimaendringer har blitt diskutert i kapitlene 3 og 4. Både i Norge og i resten av verden ser vi allerede effektene av klimaendringene, f.eks. flom på grunn av ekstremnedbør. Effektene som vi forventer over de neste 10 til 20 årene bestemmes i hovedsak av klimagassene som allerede er sluppet ut og som befinner seg i atmosfæren. Klimaendring og effektene på lengre sikt, frem mot slutten av århundret, er avhengig av globale utslipp over de neste tiårene. I rapporten her har vi basert oss på ingen klimapolitikk og høye utslipp dette århundret (RCP8.5). Men risikovurderinger bør også inkludere andre scenarier, spesielt på omstillingsrisiko.

Om, og i hvilken grad, en kommune er utsatt for klimaendringene og -effektene presentert tidligere i rapporten varierer veldig. Kommuner og organisasjoner må derfor vurdere sannsynligheten for at enkelte effekter av klimaendringene inntreffer, i hvor stor grad kommunen er eksponert og hvor sårbare de er for endringen.

I 2018 har et tidligere lite belyst felt fått økt oppmerksomhet, kort nevnt også i 3.12. Det dreier seg om konsekvensene for Norge av klimaendringer og klimaeffekter i andre land, såkalte grenseoverskridende klimapåvirkninger. I en utredning utført på oppdrag fra Miljødirektoratet [13] (EY, 2018) pekes bl.a. at verdens totale produktivitet på lengre sikt til å bli redusert blant annet pga. klimaendringer. Det er også mulig at klimaendringer kommer til å destabilisere land som ikke er robuste og som mangler evnen til å tilpasse seg. Det kan skje gjennom en kombinasjon av redusert matproduksjon og konflikt. I et slikt scenario er det sannsynlig at antall mennesker som flykter fra ustabile forhold i sine hjemland vil øke. Denne grenseoverskridende risikoen er også et sentralt punkt i utredningen NOU 2018:17, *Klimarisiko og norsk økonomi* [28].

Et annet felt som er lite belyst, er det som kan kalles for dynamisk fysisk risiko. Dette innebærer å gå videre fra å anse klimaendringer som én utfordring til å forvente at endringer i klima framover vil føre til flere gjensidig forsterkende utfordringer. Et eksempel på dynamisk risiko er en kombinasjon av en tørkeperiode og hetebølger. Mens vi forstår effektene og konsekvenser av hver av disse hendelsene for seg, er det utfordrende å se hva de betyr i kombinasjon. Som eksempel kan vi lett forstå at tørke påvirker bl.a. jordbruk og at hetebølger kan ha negative konsekvenser på helse. I kombinasjon kan disse værhendelsene medføre en dramatisk og langvarig økning i brannfare.

5.1.2 Norges klimamål - omstillingsrisiko

Det overordnede målet er at Norge skal redusere utslipp av klimagasser med 40 % i 2030, og 80-95% i 2050 sammenlignet med 1990-nivå. Dette innebærer at det trolig vil være nødvendig å gjennomføre nye og mer dyptgripende klimatiltak. Globalt har alle landene i verden blitt enige om å kutte utslippene ned til netto null i andre halvdel av dette århundret gjennom Parisavtalen. I dette ligger den en omstillingsrisiko. Dette er på siden av hovedformålet med denne rapporten, og vi går derfor ikke inn i flere detaljer.

5.2 Klimarisiko for næringslivet

5.2.1 Fysisk risiko

Fysisk risiko beskriver risikoen knyttet til effektene og konsekvensene av klimaendringer. For eksempel, global oppvarming medfører havnivåstigning (virkning), som påvirker risiko knyttet til oversvømmelser (effekt), som kan ramme økonomiske verdier (konsekvenser).

Dersom næringslivet ikke tar hensyn til sannsynlige fremtidige effekter av klimaendringer, kan dette påføre næringslivet store direkte kostnader gjennom skader og true langsiktig økonomisk stabilitet. Indirekte kostnader oppstår når f.eks. infrastruktur for transport, strøm- eller vannforsyning avbrytes pga. f.eks. ekstremvær, og næringslivet opplever avbrudd i produksjon som en konsekvens.

Effektene kan skyldes spontane værhendelser som ekstremvær. Ekstremnedbør gir fare for flom og ekstrem tørke kan øke brannfaren. Effektene kan også skyldes langvarige endringer i værmønstre.

For eksempel kan endringer i nedbørsmønster, temperatur og økt variabilitet av været medføre steinsprang samt snø- og løsmasseskred.

5.2.2 Omstillingsrisiko

Næringslivet står i fare for å miste konkurransekraft eller oppleve grunnleggende endringer i markedet pga. endret regulering, prising av utslipp, teknologisk innovasjon hos konkurrenter eller endret konsumentadferd. Hvis ikke de næringene som er eksponert og sårbare klarer å omstille seg, er det fare for lavere økonomisk aktivitet, med konsekvenser for sysselsetting, verdiskapning og i verste fall fraflytting.

Omstillingsrisiko beskriver konsekvensene knyttet til omstilling til et lavutslippssamfunn. Selv om omstillingen er nødvendig for å begrense utslipp av klimagasser i atmosfæren og for å nå målene i Parisavtalen vil denne omstillingen medføre omfattende endringer som kan påvirke næringslivet i Rogaland. Omstillingsrisiko kan deles inn i fire kategorier:

- endringer i politiske og regulatoriske rammebetingelser
- klimadrevet teknologisk innovasjon
- endret forbrukeradferd
- omdømmerisiko

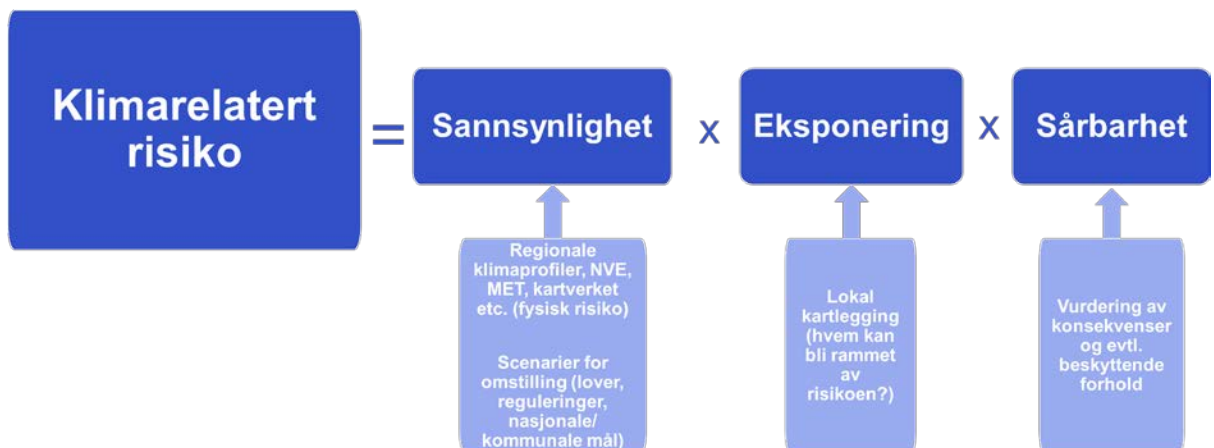
Dersom næringslivet rammes av omstillingsrisiko, kan konsekvensene for fylkeskommunen være lavere sysselsetting, lavere skatteinntekter, fall i eiendomsverdier, negativ befolkningsvekst og en påvirkning på kommunenes generelle attraktivitet for næringslivet og beboere. Et fall i økonomisk aktivitet kan også påvirke kommunens arealutvikling (boligfelt, veier, skoler etc.) og annen infrastruktur. Fylkeskommunen bør være klar over denne koblingen mellom omstillingsrisiko for næringslivet og konsekvenser for kommunen. I tillegg til kartlegging av denne risikoen kan kommunen være en proaktiv partner i omstillingen av næringslivet gjennom tilrettelegging av fysisk og intellektuell infrastruktur.

5.2.3 Vurdering av lokal risiko

Hvor stor klimarisikoen er for næringslivet er avhengig av både sannsynligheten for at risikoen inntreffer, eksponering (utsatthet) for risikoen, og sårbarheten for risikoen.

Hvor alvorlig en av klimarisikoene er for sektorer i næringslivet eller enkelte bedrifter varierer veldig. Vurdering av klimarelatert risiko bygger på en vurdering av følgende forhold:

- Sannsynlighet for at noe vil inntreffe (f.eks. flom, høyere karbonpriser etc.)
- Eksponering / utsatthet for å bli påvirket (f.eks. hvilke næringer kan i utgangspunktet bli rammet av en risiko?)
- Sårbarhet dersom det skjer en hendelse. Dette er i hvilken grad hendelsen vil kunne påvirke eller få konsekvenser for f.eks. eiendommer, infrastruktur eller selskaper. Sårbarheten vil kunne påvirkes gjennom tilpasning. Selv om f.eks. et område er utsatt for flomrisiko, så er det ikke nødvendigvis sårbart dersom omfattende tiltak for flomsikring har blitt gjennomført. Og når det gjelder omstillingsrisiko er ikke næringslivet nødvendigvis sårbart selv om rammebetingelser strammes inn dersom de har endret eller omstilt seg slik at konsekvensene ikke blir store.



Figur 13: Vurdering av lokale klimarelaterte risikoer basert på sannsynlighet, eksponering og sårbarhet, deriblant hvilke spørsmål vi bør stille oss og hvilke kilder vi kan bruke. Denne rapporten fokuserer mest på sannsynlighet.

Denne måten å vurdere klimarisiko er også i tråd med hva som er presentert av FNs klimapanel [29]. Modellen viser også at klimarisiko er sammensatt og kan påvirkes (i den grad det er mulig) både mht. sannsynlighet, utsatthet og sårbarhet.

5.3 Næringer i Rogaland fylke

Her vises informasjon om klimarisiko som kan være relevant for næringslivet i Rogaland, altså både risiko for endringer i klima og vær, og risiko knyttet til omstillingen til et lavutslippssamfunn. Disse risikoene kan påvirke konkurransekraften i næringslivet med ringvirkninger for kommunen. Denne informasjonen er tenkt å bidra til kartleggingen av den totale klimarisikoen kommunen er utsatt for, og som grunnlag for dialogen fylkeskommunen bør ha med det lokale næringslivet om klimarisiko.

5.3.1 Hvilke næringer er tatt med?

Av de mer enn 90 næringene som er inkludert i SSBs tosfrede næringskoder har CICERO Senter for klimaforskning valgt ut 30 næringer (se Tabell 6). Utvalget er basert på en vurdering av næringenes eksponering for klimarisiko. Noen av næringene påvirkes allerede av klimarisiko. For andre næringer er det sannsynlig, ut fra modeller fra f. eks. Det Internasjonale Energibyrådet IEA, at disse sektorene vil oppleve fysisk og/ eller overgangsrisiko under ulike framtidsscenarioer. Andre rapporter, f.eks. «Hvordan møte klimarisiko» (Norsk Klimastiftelse) [30] og «Oppdatering av kunnskap om konsekvenser av klimaendringer i Norge» (CICERO og Vestlandsforskning for Miljødirektoratet) [4] er også brukt som referanse i utvelgelsen. Utvalget er likevel ikke fullstendig og kunne blitt et annet.

Siden fokuset her er på risiko for næringslivet er områder som vann og avløp eller vannforsyning ikke tatt med. Disse sektorene er i stor grad utsatt for fysisk risiko, men er for det meste dominert av offentlig eide aktører som ikke er konkurranseutsatte, slik at tap av arbeidsplasser pga. klimarisiko sannsynligvis ikke er en risiko. Sektorer som undervisning, omsorg eller helsetjenester er ikke tatt med siden de ikke er like eksponert for klimarisiko sammenlignet med mange andre sektorer i næringslivet.

I Tabell 6 vises 30 næringer for hele fylket med det totale antallet sysselsatte og den prosentvise andelen av alle ansettelsesforhold i fylkeskommunen (SSB data, sysselsetting etter bosted, 2018). Det er 19 næringer som ligger over «cut off» på 0,5 %. I Tabell 7 løfter vi fram de fire største næringene, som eksempler, og hvilke eksponering de har for fysisk risiko og omstillingsrisiko. For de andre næringene anbefaler vi bruk av nettsiden til verktøyet.

Vi anbefaler at Rogaland fylkeskommune i samarbeid med kommunene bruker dette klimarisikoverktøy på konsekvenser av fysisk risiko og overgangsrisiko for næringslivet i kartleggingen av risikoen og vurderingen av ringvirkninger for f.eks. arealutvikling og risiko for fraflytting. Det anbefales også at fylket og kommuner tar opp slike utfordringer i dialogen med næringslivets bransjeorganisasjoner og de enkelte lokale næringsbedrifter. Eksempler på noen aktuelle spørsmål gis i Tabell 7.

5.3.2 Eksponering er ikke lik sårbarhet

Vurderingen av hvor sårbar en enkelt bedrift er må gjøres lokalt siden dette er avhengig av hvordan den enkelte bedriften er rustet mot risikoen og hva slags evne og vilje virksomheten har til å tilpasse eller omstille seg. Eksemplene på spørsmålene i Tabell 7 viser hvilke spørsmål næringer kan stille seg.

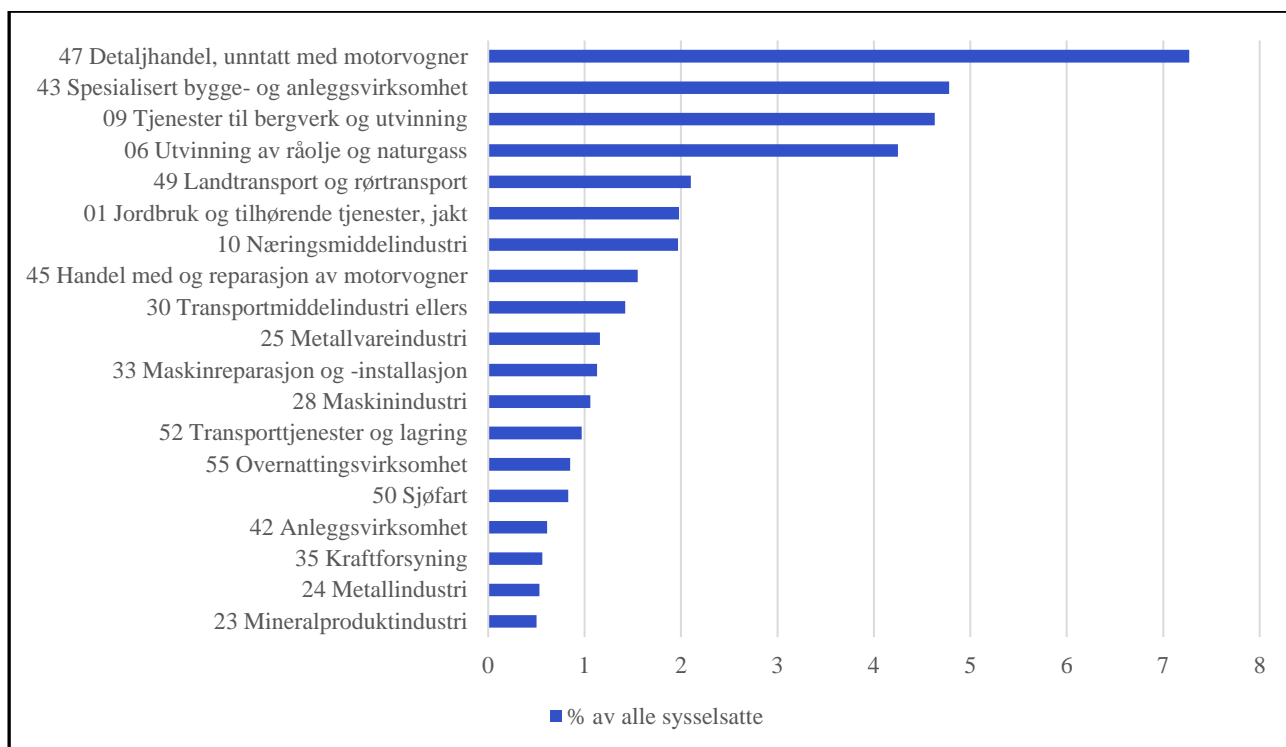
5.3.3 Fokus på risiko

Dette verktøyet fokuserer på risiko (se Tabell 7). Men i en omstillingsfase finnes det også muligheter for alle næringer.

Hver næring blir i dette verktøyet vurdert ut fra høyeste tenkbare risiko, «worst case», for denne næringen. For landbruk betyr det for eksempel at det er tatt utgangspunkt i et scenario med høy global oppvarming. For næringer knyttet til for eksempel olje- og gassvirksomhet er det tatt utgangspunkt i et scenario som er mer i tråd med Parisavtalen og altså innebærer mer omfattende omstilling og dermed overgangsrisiko for denne næringen.

Tabell 6: Utvalg av 30 næringer (med næringskoder) i Rogaland, sortert etter antall og prosentandel av ansettelsesforhold. Kilde: SSB, sysselsetting etter bosted, 2018.

Næring (2-sifret næringskode)	antall sysselsatte	% av alle sysselsatte
47 Detaljhandel, unntatt med motorvogner	17540	7,27
43 Spesialisert bygge- og anleggsvirksomhet	11527	4,78
09 Tjenester til bergverk og utvinning	11154	4,63
06 Utvinning av råolje og naturgass	10241	4,25
49 Landtransport og rørtransport	5062	2,1
01 Jordbruk og tilhørende tjenester, jakt	4763	1,98
10 Næringsmiddelindustri	4756	1,97
45 Handel med og reparasjon av motorvogner	3736	1,55
30 Transportmiddelindustri ellers	3423	1,42
25 Metallvareindustri	2808	1,16
33 Maskinreparasjon og -installasjon	2713	1,13
28 Maskinindustri	2557	1,06
52 Transporttjenester og lagring	2329	0,97
55 Overnattingsvirksomhet	2053	0,85
50 Sjøfart	2010	0,83
42 Anleggsvirksomhet	1472	0,61
35 Kraftforsyning	1346	0,56
24 Metallindustri	1273	0,53
23 Mineralproduktindustri	1197	0,5
CUT OFF		
38 Avfallshåndtering	884	0,37
03 Fiske, fangst og akvakultur	877	0,36
51 Lufttransport	589	0,24
08 Bryting og bergverksdrift ellers	519	0,22
20 Kjemisk industri	243	0,1
07 Bryting av metallholdig malm	220	0,09
22 Gummivare- og plastindustri	159	0,07
02 Skogbruk og tilhørende tjenester	104	0,04
29 Motorkjøretøyindustri	91	0,04
05 Bryting av steinkull og brunkull	3	0
19 Petroleums- og kullvareindustri	10	0



Figur 14: 19 næringer (med næringskoder) med en prosentvis andel som er lik eller høyere enn 0,5% av alle ansettelsesforhold i Rogaland (se Tabell 6 for antall sysselsatte per næring).

Tabell 7: Eksponering for fysisk risiko og omstillingsrisiko for de fire største næringene i Rogaland. Spørsmålene som stilles kan brukes for den enkelte bedrift for å vurdere sårbarhet. Dette er bare et lite utvalg eksempler. Mer informasjon gis på nettsiden for verktøyet.

2-sifret næringskode	Næring	Fysisk risiko		Omstillingsrisiko	
		Risiko	Konsekvens	Risiko	Konsekvens
47	Detaljhandel (unntatt motorkjøretøyer)	Utover lokalisering av virksomheter er det ingen åpenbare fysiske risikofaktorer for denne næringen.		Tiltak for å redusere biltrafikk / sirkulærøkonomi	Hva innebærer tiltak for å redusere biltrafikk, f.eks. flytting av trafikknutepunkter eller bomstasjoner, for plassering av kjøpesentre? / Hva innebærer overgang til sirkulærøkonomi og økt resirkulering for detaljhandelen?

2-sifret næringskode	Næring	Fysisk risiko		Omstillingsrisiko	
		Risiko	Konsekvens	Risiko	Konsekvens
43	Spesialisert bygge- og anleggsvirksomhet	Ekstremvær (skade og tilpasning)	Hva innebærer økning i ekstremvær, særlig ekstrem nedbør, stormer, overvann og flom for anleggsvirksomhet, f.eks. angående skader og drenering?	Omstilling til fossilfri anleggsvirksomhet	Hva vil det innebære hvis kravene i offentlige utlysninger eller etterspørselen fra private prosjekteiere i økende grad krever fossilfrie byggeplasser og/eller rapportering av utslipp av klimagasser i byggefaser?
09	Tjenester til olje og bergverk	Ekstremvær (skade og tilpasning) / kravspesifikasjoner fra kunder	Hva innebærer økning i ekstremvær, f.eks. tørke, ekstrem nedbør, flom eller havnivåstigning, for olje- og gassvirksomhet og bergverksdrift? Hva vil konsekvensene være for etterspørselen etter spesialtjenester fra disse sektorene, f.eks. mtp. kravspesifikasjoner?	Redusert etterspørsel pga. lavere aktivitet i olje- og gassvirksomhet (kun fokus på olje- og gassvirksomheten her)	Hva ville det innebære hvis etterspørselen etter spesialiserte tjenester for utvinning av olje og gass faller pga. redusert aktivitet og utfasing av sektoren over de neste 30 årene?
06	Utvinning av olje og naturgass	Ekstremvær (skade og tilpasning)	Hva innebærer økning av ekstremvær, f.eks. tørke, ekstrem nedbør, flom eller havnivåstigning for konstruksjon og drift av onshore- og offshore installasjoner?	Lavere aktivitet / utfasing av utvinning	Hva vil det bety dersom aktiviteten i olje- og gassnæringen blir lavere pga. regulering, karbonprising eller lav etterspørsel? / Hva vil det innebære hvis utfasing av olje- og gassvirksomheten over de

2-sifret næringskode	Næring	Fysisk risiko		Omstillingsrisiko	
		Risiko	Konsekvens	Risiko	Konsekvens
					neste 30 årene blir det mest sannsynlige scenarioet?

Litteraturliste

1. Rogaland fylkeskommune, *Planprogram til regionalplan for klimatilpasning i Rogaland 2020-2050*. 2019.
2. Fylkesmannen i Rogaland, *FylkesROS for Rogaland 2018-2021*. 2018.
3. Rogaland fylkeskommune, *Regionale utviklingstrekk Rogaland 2019*. 2019.
4. Aall, C., et al., *Oppdatering av kunnskap om konsekvenser av klimaendringer i Norge*. 2018, CICERO: Oslo.
5. IPCC, *The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. T.F. Stocker, et al. 2013, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. 1535.
6. Hisdal, H., et al., *Klimaprofiler for fylker. Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning*. 2017.
7. Hanssen-Bauer, I., et al., *Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015*. 2015.
8. Dyrddal, A.V. and E.J. Førland, *Klimapåslag for korttidsnedbør. Anbefalte verdier for Norge*. 2019, Norsk klimaservicesenter.
9. Lawrence, D., *Klimaendring og framtidige flommer i Norge*. 2016, NVE.
10. Simpson, M.J.R., et al., *Sea level change for Norway: Past and present observations and projections to 2100*. 2015, Norsk Klimaservicesenter: Oslo, Norge.
11. Brandvik, A.E. *Selv liten havstigning kan få store konsekvenser*. 2017; Available from: <https://energiogklima.no/to-grader/selv-liten-havstigning-kan-fa-store-konsekvenser/>.
12. Aall, C., et al., *Havforsuring og sjømatnæringen på Vestlandet: Kunnskapsstatus og handlingsrom*. 2015, Vestlandsforskning.
13. Nordbø, F.S., Y.S. Fadnes, and N. Prytz, *Utredning om kunnskap og håndtering av grenseoverskridende klimarisiko i utvalgte land*. 2019, EY. p. 68.
14. IPCC, *Summary for policymakers, in GLOBAL WARMING OF 1.5 °C an IPCC special report on the impacts of global warming of 1.5 °C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, M. Allen, et al., Editors. 2018, Cambridge University Press: Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
15. DSB, *Alvorlige hendelser som kan ramme Norge*. 2019, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap.
16. Henriksen, S. and O. Hilmo. *Norsk rødliste for arter 2015*. 2015; Available from: <https://www.artsdatabanken.no/Rodliste>.
17. Artsdatabanken. *Norsk rødliste for naturtyper 2018*. 2018; Available from: <https://www.artsdatabanken.no/rodlistefornaturtyper>
18. Dannevig, H., et al., *A framework for agenda-setting ocean acidification through boundary work*. Environmental Science & Policy, 2019. **95**: p. 28-34.
19. Riksantikvaren, *Informasjonsark 3.15.2 Klimaendringer og bevaringsverdige bygniner, in Riksantikvarens informasjon om kulturminner*. 2014.
20. Tajet, H.T.T. and H.O. Hygen, *Potential risk and wood decay*. 2017, Meteorologisk Institutt.
21. Aall, C., et al., *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Sluttrapport*. 2011, Vestlandsforskning.
22. NOU, *Overvann i byer og tettsteder*. 2015:16.
23. Cottis, T., *En framtid du ikke vil ha – Global oppvarming: Forutsetninger, risiko og sannsynlige konsekvenser*. 2015, Framtiden i våre hender.
24. Bardalen, A., *Klimarisiko og norsk matproduksjon*. 2018, Norsk Institutt for bioøkonomi.
25. Lågbu, R., Å. Nyborg, and S. Svendgård-Stokke, *Jordsmonnstatistikk Norge*. 2018, NIBIO.
26. Beisland, C.S., et al., *Et væravhengig kraftsystem - og et klima i endring*. 2015, Norges vassdrags- og energidirektorat.
27. Finans Norge, *Klimarapport*. 2019.
28. NOU, *Klimarisiko og norsk økonomi*. 2018:17.

29. IPCC, *Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed. C.B. Field, et al. 2014, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. 1132.
30. Norsk klimastiftelse, *Hvordan møte klimarisiko?* 2018.

CICERO is Norway's foremost institute for interdisciplinary climate research. We help to solve the climate problem and strengthen international climate cooperation by predicting and responding to society's climate challenges through research and dissemination of a high international standard.

CICERO has garnered attention for its research on the effects of manmade emissions on the climate, society's response to climate change, and the formulation of international agreements. We have played an active role in the IPCC since 1995 and eleven of our scientists contributed the IPCC's Fifth Assessment Report.

- We deliver important contributions to the design of international agreements, most notably under the UNFCCC, on topics such as burden sharing, and on how different climate gases affect the climate and emissions trading.
- We help design effective climate policies and study how different measures should be designed to reach climate goals.
- We house some of the world's foremost researchers in atmospheric chemistry and we are at the forefront in understanding how greenhouse gas emissions alter Earth's temperature.
- We help local communities and municipalities in Norway and abroad adapt to climate change and in making the green transition to a low carbon society.
- We help key stakeholders understand how they can reduce the climate footprint of food production and food waste, and the socioeconomic benefits of reducing deforestation and forest degradation.
- We have long experience in studying effective measures and strategies for sustainable energy production, feasible renewable policies and the power sector in Europe, and how a changing climate affects global energy production.
- We are the world's largest provider of second opinions on green bonds, and help international development banks, municipalities, export organisations and private companies throughout the world make green investments.
- We are an internationally recognised driving force for innovative climate communication, and are in constant dialogue about the responses to climate change with governments, civil society and private companies.

CICERO was founded by Prime Minister Syse in 1990 after initiative from his predecessor, Gro Harlem Brundtland. CICERO's Director is Kristin Halvorsen, former Finance Minister (2005-2009) and Education Minister (2009-2013). Jens Ulltveit-Moe, CEO of the industrial investment company UMOE is the chair of CICERO's Board of Directors. We are located in the Oslo Science Park, adjacent to the campus of the University of Oslo.