

Johansen, Rønnaug M.; Landsem, Jørgen; Solheim, Haakon

Research Report

Hvor mye koster ukoordinert klimapolitikk? To modeller - to svar

Staff Memo, No. 6/2023

Provided in Cooperation with:

Norges Bank, Oslo

Suggested Citation: Johansen, Rønnaug M.; Landsem, Jørgen; Solheim, Haakon (2023) : Hvor mye koster ukoordinert klimapolitikk? To modeller - to svar, Staff Memo, No. 6/2023, ISBN 978-82-8379-265-2, Norges Bank, Oslo, <https://hdl.handle.net/11250/3061860>

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/298479>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

STAFF MEMO

Hvor mye koster ukoordinert klimapolitikk?

To modeller – to svar

NR. 6 | 2023

RØNNAUG M. JOHANSEN,
JØRGEN LANDSEM OG
HAAKON SOLHEIM



NORGES BANK

Staff Memo inneholder utredninger og dokumentasjon skrevet av Norges Banks ansatte og andre forfattere tilknyttet Norges Bank. Synspunkter og konklusjoner i arbeidene er ikke nødvendigvis representative for Norges Bank

NORGES BANK
STAFF MEMO
NR 6 | 2023

HVOR MYE KOSTER
UKOORDINERT KLIMAPOLITIKK?
TO MODELLER – TO SVAR

© 2023 Norges Bank

Det kan siteres fra eller henvises til dette arbeid, gitt at forfatter og Norges Bank oppgis som kilde.

ISSN 1504-2596 (online)

ISBN 978-82-8379-265-2 (online)

Hvor mye koster ukoordinert klimapolitikk?

To modeller – to svar*

Rønnaug M. Johansen (Finansiell stabilitet) Jørgen Landsem (Pengepolitikk)

Haakon Solheim (Finansiell stabilitet)

22. mars, 2023

Sammendrag

Scenarioer er det mest brukte verktøyet for å forstå hvordan verden kan gjennomføre en overgang til et lavutslippssamfunn. *Network for Greening the Financial System* (NGFS) har gjort et utvalg av slike "klimascenarioer" tilgjengelige for allmennheten. Håpet er at disse scenarioene skal gjøre det enklere for sentralbanker, finanstilsyn og aktører i finansmarkedet å ha et felles utgangspunkt for diskusjon av konsekvensene av klimapolitikk. En innsikt fra slike scenarioer er at nødvendige tiltak blir dyrere hvis tiltakene ikke koordineres på tvers av land. Med ukoordinert politikk øker også usikkerheten om den økonomiske kostnaden betydelig. Det ser vi blant annet ved at ulike modeller gir veldig forskjellige svar på hvor høy karbonpris som skal til for å nå klimamålene. De mest pessimistiske framskrivningene innebærer et betydelig fall i samlet produksjon målt ved BNP.

Globale temperaturer øker fordi konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren øker. Høyere globale temperaturer endrer klimaet. Usikkerheten om skadene som kan oppstå som følge av dette, betegnes som fysisk risiko. For å unngå temperaturøkningen må utslippene kuttes. Usikkerhet om de økonomiske kostnadene ved utslippskutt betegnes som overgangsrisiko. Klimautfordringene er globale, og det er lite sammenheng mellom hvor klimagassene slippes ut og hvem som blir skadelidende gjennom virkninger av høyere temperaturer. Siden noen klimagasser brytes ned svært sakte, vil utslippene i dag påvirke globale temperaturer i lang tid fremover.

*Synspunktene og konklusjonene i denne publikasjonen er forfatternes egne og deles ikke nødvendigvis av Norges Bank. De må derfor ikke rapporteres som Norges Banks synspunkter. Vi takker Farooq Akram, Henrik Borchgrevink, Bjørn Bakke, Solveig K. Erlandsen, Snorre Evjen, Audun Gjerde, Torbjørn Hægeland, Tord Krogh, Sindre Weme og deltakere på seminarer i Norges Bank for kommentarer og nyttige innspill. Eventuelle feil og mangler er utelukkende forfatternes ansvar.

Siden 1990-tallet har det utviklet seg et fagområde som forsøker å belyse hva som må til for å løse klimautfordringene. Den viktigste metoden er å bygge såkalte «integrerte vurderingsmodeller» (integrated assessment models – IAM). IAM-modellene inkluderer det globale samspillet mellom makroøkonomi, energisystemer og klima på en helhetlig måte. Modellene setter sammen informasjon om hvordan utslipp påvirker klima med antakelser om elementer som demografi, økonomisk vekst på tvers av regioner og teknologisk utvikling. Økt pris på utslipp påvirker sammensetningen av økonomisk aktivitet og dermed nivået på utslipp.

IAM-modellene brukes til å simulere framskrivninger av klima under forutsetninger om økonomisk politikk. De kan også brukes til å analysere hva slags økonomisk politikk som er nødvendig for å nå et mål om en spesifikk global temperaturøkning. Den viktigste politikkvariabelen i disse scenarioene er karbonprisen – en pris på utslipp av klimagasser omregnet slik at den skal måle pris per tonn CO₂-ekvivalenter uavhengig av type utslipp. Høyere karbonpris gjør det mer attraktivt å kutte utslipp og investere i ny teknologi.

Resultatene fra IAM-modeller har vært presentert i en rekke sammenhenger. Mest kjent er simuleringene som gjøres til rapportene som publiseres av FNs klimapanel, IPCC.¹ Et annet eksempel er det internasjonale energibyrået IEA, som bruker resultater fra klimascenarioer når de skal gi anslag på utviklingen i energimarkedene frem i tid.² I dette memoet bruker vi klimascenarioer som er publisert av klima- og miljøsam arbeidet for sentralbanker og finanstilsyn, Network for Greening the Financial System, NGFS.³

En viktig konklusjon vi kan trekke fra å se på scenarioene, er at kostnaden ved klimaomstilling vil øke betydelig dersom verden ikke klarer å samarbeide om en effektiv løsning for å kutte utslipp. Ikke bare viser framskrivningene at kostnadene blir høyere – forskjellen mellom resultater fra ulike IAM-modeller øker også markant. Det kan indikere at usikkerheten i resultatene blir større.

I dette memoet bruker vi scenarioene fra NGFS til å vise hvordan to ulike modeller gir vesentlig forskjellige svar om kostnadene for holde den globale temperaturøkningen under 2°C. Det er viktig informasjon – både for politikere som skal ta beslutninger og for økonomiske beslutningstakere som skal vurdere risiko.

Modellene og klimascenarioene NGFS bruker

NGFS begynte å publisere scenarioer i 2019. Publiseringene er del av et ambisiøst prosjekt for å gi sentralbanker, finanstilsyn og andre finanstilsyn et mer enhetlig og oppdatert rammeverk for å vurdere kostnadene ved klimaomstilling og klimaendring. NGFS har også et mål om være en drivkraft i arbeidet med å integrere modellering av klimaomstilling med en bedre forståelse av fysisk risiko og makroøkonomiske effekter. NGFS beskriver dette gjennom å dele framskrivningene

¹Se <https://www.ipcc.ch/>

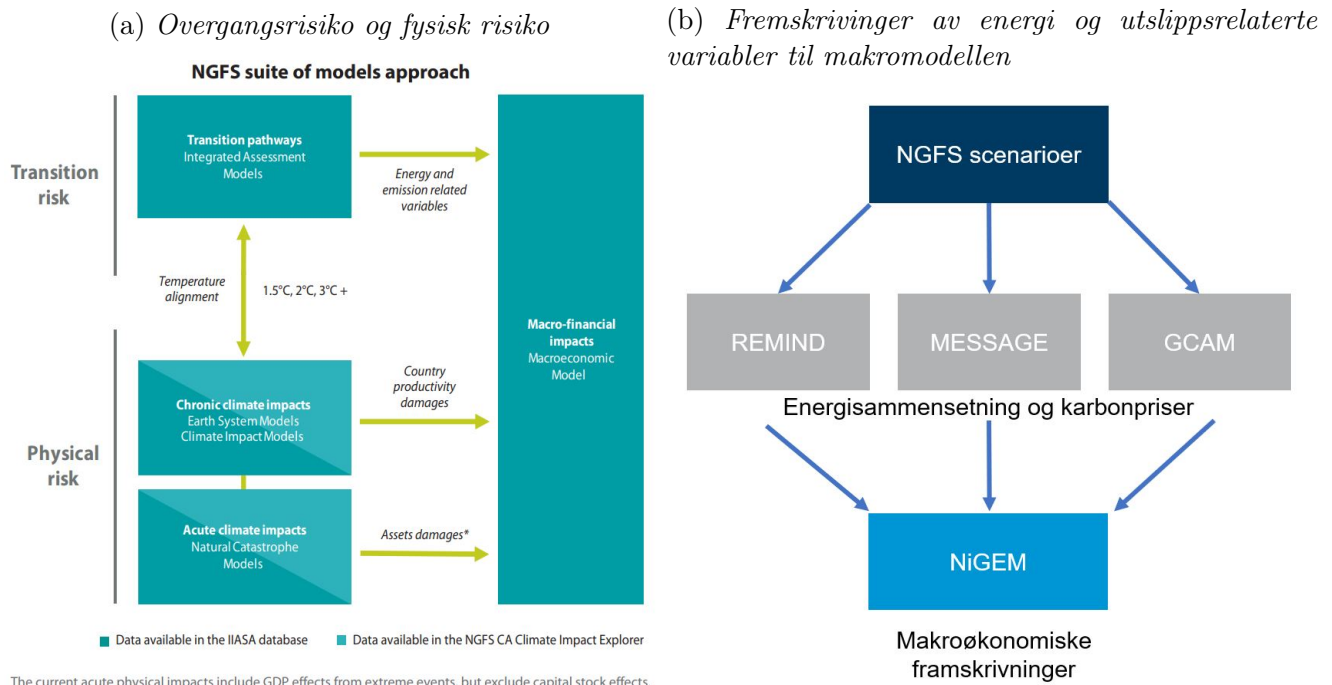
²Se for eksempel [World Energy Outlook](#)

³Se <https://www.ngfs.net/ngfs-scenarios-portal/>

i fire hovedstørrelser, se figur 1a. De fire elementene er (i) overgangsrisiko, knyttet til omstilling til et lavutslippssamfunn, (ii) kronisk fysisk risiko, knyttet til effekten av høyere global temperatur på arbeidsproduktiviteten, (iii) akutt fysisk risiko, knyttet til kostnadene av mer ekstremvær og høyere havnivå og (iv) de makroøkonomiske effektene som følger av overgang og fysisk risiko.

Vi vil i det videre konsentrere oss om framskrivninger for overgangsrisiko, men kommer også tilbake til kronisk fysisk risiko i ramme 1. «NGFS scenarier» for overgangsrisiko er foreløpig et sett på 18 ulike framskrivninger, laget med tre ulike IAM-modeller – REMIND, MESSAGE og GCAM. Disse modellene er vel etablerte og brukes blant annet til å lage en rekke av scenarioene som inngår i IPCCs rapporter. En unik videreføring er at NGFS bruker framskrivningene som input i en makroøkonomisk modell, NiGEM, utviklet ved National Institute of Economic and Social Research.⁴ Forskningsmiljøene som utvikler REMIND, MESSAGE og GCAM, danner sammen med NIESR et konsortium NGFS samarbeider med.⁵

Figur 1: Oppbygging av framskrivningene som presenteres av NGFS



Kilder: NGFS og Norges Bank

Prosessen fra scenario til makroøkonomiske effekter har tre steg, se figur 1b. Først velger NGFS ut et sett av seks klimascenarier. Klimascenarioene skal presentere en bredde av mulige utfall på klimaproblemet – fra koordinert handling for å holde temperaturøkningen nede, til en politikk hvor verden lar utslippene fortsette lenge på høyt nivå. De fysiske konsekvensene relatert til hvert klimamål gjøres i en separat analyse, se ramme 1. For hvert scenario legges forutsetningene

⁴NIESR, se [Home Page - NIESR](#)

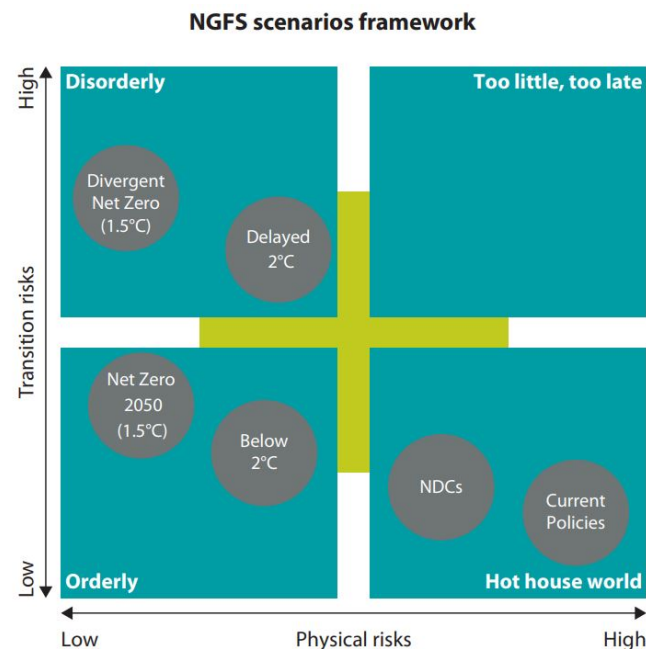
⁵For mer informasjon om modeller og scenarier, se den tekniske dokumentasjonen fra [NGFS: technical_documentation_ngfs_scenarios_phase_3.pdf](#). Arbeidet med scenarioene finansieres av medlemmene i NGFS og av bidrag fra ulike stiftelser, blant annet Bloombergstiftelsen.

for den nødvendige omstillingen inn i IAM-modellene, representert ved grå bokser i figur 1b. Her lages framskrivninger for energiomstillingen som skal til for å oppfylle utslippsmålene i scenarioene. Modellene beregner hvilken karbonpris som skal til for å utløse den nødvendige endringen. Til slutt bruker NGFS banene fra IAM-modellene som input i den makroøkonomiske modellen NiGEM. NiGEM gir anslag på hvordan energiomstillingen vil påvirke økonomiske størrelser, som BNP, investeringer og konsum.

Klimascenarioene

NGFS har valgt å vise resultater for seks ulike scenarioer, fordelt på tre grupper – dagens politikk, koordinert og ukoordinert. Innenfor hver gruppe er det to ulike scenarioer, se figur 2.

Figur 2: NGFS scenarioer, som presentert av NGFS



Positioning of scenarios is approximate, based on an assessment of physical and transition risks out to 2100.

Kilde: NGFS

I kategorien NGFS har valgt å kalle «hot house world», ligger scenarioer hvor verdens land ikke går videre med en aktiv klimapolitikk, men stopper på dagens vedtatte ambisjonsnivå. Her er det lite overgangsrisiko, siden klimakuttene er små, men stor fysisk risiko, siden temperaturøkningen kan bli stor. Framskrivningene viser at disse alternativene vil gi en temperaturøkning på 2,5°C-3°C. NGFS har valgt å skille mellom to alternativer.

- *Nasjonalt fastsatte bidrag*: «Nationally Determined Contributions» (NDCs) inkluderer alle lovede retningslinjer selv om de ikke er iverksatt ennå.

- *Gjeldende retningslinjer*: «Current policies» forutsetter at bare gjeldende retningslinjer er bevart, noe som fører til høy fysisk risiko.

«Orderly» er gruppen vi vil kalle «koordinert». Dette er scenarioer hvor verden samarbeider om å nå målene i Paris-avtalen. Her er overgangsrisikoen fremdeles liten, fordi man samarbeider om gode løsninger. Samtidig er den fysiske risikoen liten, fordi man klarer å kutte utslippene raskt nok. Det er to scenarioer i denne gruppen:

- *Nullutslipp i 2050*: «Net Zero 2050» er et ambisiøst scenario som begrenser global oppvarming til 1,5°C gjennom streng klimapolitikk og innovasjon, og når netto null CO₂-utslipp rundt 2050. Noen jurisdiksjoner, som USA, EU og Japan, når netto null for alle klimagasser på dette tidspunktet. I utviklingsland tar det noe lengre tid.
- *Under 2°C*: «Under 2°C» øker gradvis strengheten i klimapolitikken. Målet er at det skal være 50 prosent sannsynlig å nå en temperatur på 1,7°C, og 67 prosent sjanse for å begrense den globale oppvarmingen til under 2°C.

«Disorderly» er det vi vil kalle ukoordinert. Her blir overgangsrisikoen stor, fordi verden ikke samarbeider om effektive løsninger. En vesentlig forskjell mellom koordinert og ukoordinert er at mer av utslippskuttene må gjøres innenlands, for eksempel i transportnæringen, når scenarioene er ukoordinert. Fysisk risiko er derimot begrenset, siden verden tross alt klarer å redusere utslippene. Her har NGFS valgt to litt ulike scenarioer som har forskjellig temperaturmål:

- *Divergerende netto null*: "Divergent Net Zero" når netto null innen 2050, men med høyere kostnader på grunn av divergerende retningslinjer innført på tvers av sektorer og en raskere utfasing av fossilt brensel.
- *Forsinket omstilling*: "Delayed transition" forutsetter at de globale årlige utslippene ikke reduseres før i 2030. Siden utslippsnivået da er høyere, må politikkvirkemidlene bli desto strammere for å begrense oppvarmingen til under 2°C.

NGFS har så langt valgt å ikke publisere et scenario for «too little, too late», hvor det både er stor overgangsrisiko og høy fysisk risiko. Gitt at det faktisk er en forståelse for klimaproblemet, har dette blitt vurdert som et lite sannsynlig utfall. Det er oppe til diskusjon om det etter hvert vil komme et alternativ også i denne gruppen.

Tre ulike IAM-modeller

NGFS har valgt å bruke tre ulike IAM-modeller for å framskrive seks ulike scenarioer. En modell er en skisse av utvalgte sider ved virkeligheten. Ingen modell fanger opp alle trekk ved virkeligheten. Ved å se på flere modeller får vi et inntrykk av usikkerheten som følger av mulig feilspesifisering.

Modellene NGFS bruker er GCAM, MESSAGEix-GLOBIOM (MESSAGE) og REMIND-MAgPIE (REMIND). Dette er velkjente modeller som er mye brukt i klimastudier og i publisert forskning.

Den overordnede strukturen er ganske lik i alle de tre modellene. MESSAGE og REMIND er generelle likevektsmodeller med intertemporal optimering, det vil si at modellen sørger for at alle markeder i modellen er i likevekt til enhver tid, og at aktørene i modellene er framoverskuende og tar beslutninger i dag basert på forventninger om fremtiden. Det er imidlertid viktig å merke seg at i scenarioet med «forsinket omstilling» forventer ikke aktørene at det innføres klimatiltak i 2030, før det plutselig inntreffer.

GCAM er en partiell likevektsmodell, og aktørene i GCAM er ikke framoverskuende. I tillegg til modelleringsmetode skiller modellene seg også fra hverandre med tanke på regioninndeling og hvilke sektorer som er inkludert. Resultatene fra GCAM likner mer på resultatene fra REMIND enn på resultatene fra MESSAGE.

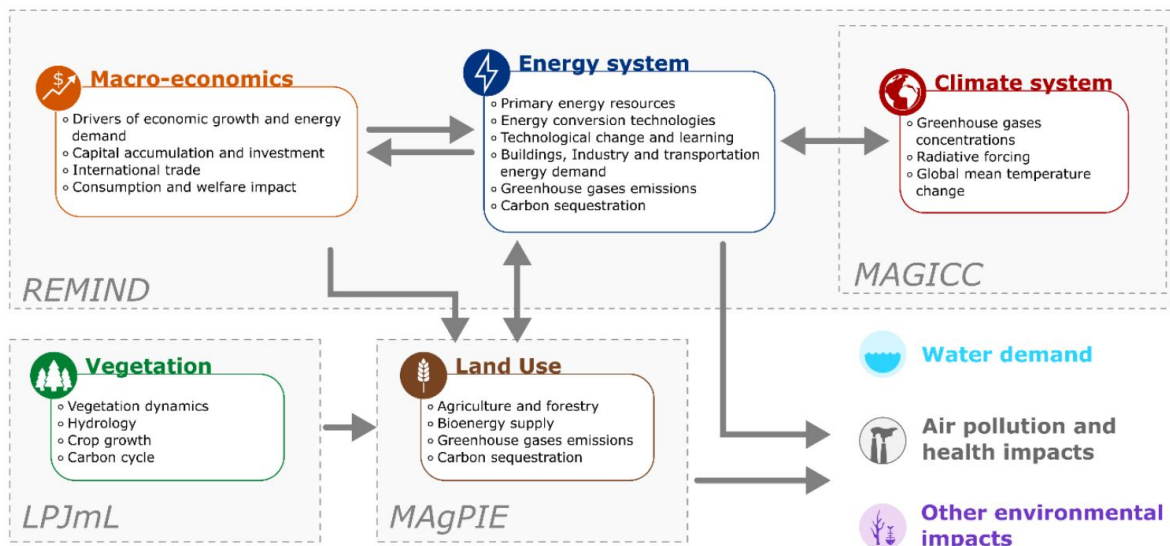
Alle modellene inkluderer flere klimagassreducerende tiltak. I energisektoren kan man redusere utslipp enten ved å øke produksjonen av fornybar energi, atomkraft og hydrogen, ved hjelp av energieffektivisering, eller ved karbonfangst og -lagring. Alle tre modeller inkluderer også tiltak innen jordbruk, skogbruk og annen arealbruk.

For å forenkle analysen begrenser vi oss i det følgende til de to modellene som skal være likest i struktur – REMIND og MESSAGE.

REMIND

REMIND er et system av modeller, se figur 3. Selve REMIND-modellen kombinerer en makroøkonomi-blokk med energisystemet. Makroøkonomi-modellen i REMIND er en Ramsey-modell for optimal vekst hvor intertemporal velferd maksimeres. Blokken for energisystemet inkluderer en detaljert beskrivelse av tilbuds- og etterspørselssiden i energimarkedet.

Figur 3: *REMIND*



Kilde: NGFS

De andre delene av systemet er MAGPIE, som representerer arealbruken innen jordbruk, skogbruk og bioenergi-produksjon. Videre kan MAGPIE kobles til LPJmL, som er en modell for global vegetasjon. REMIND er også koblet til MAGICC, som er en modell for globale klimarelaterte variable, som for eksempel global gjennomsnittstemperatur. Til slutt kan REMIND også kobles til andre satellittmodeller for å analysere miljøeffekter på vannetterspørsel, luftforurensing og helseeffekter.

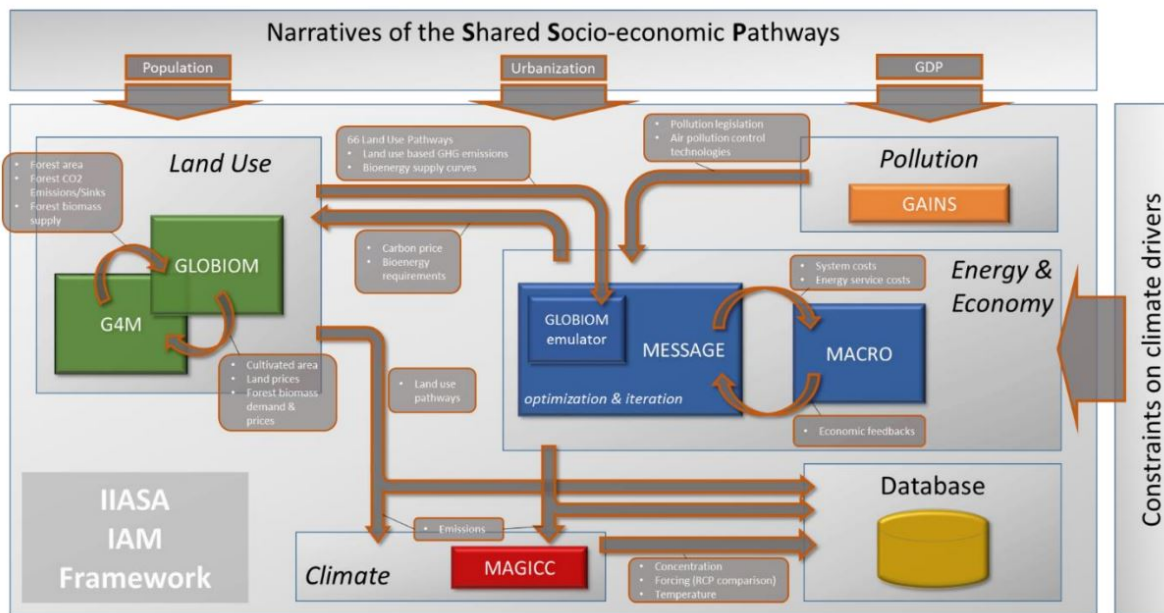
Siden aktørene i REMIND (og MESSAGE) er framoverskuende, tar de inn over seg informasjon om fremtiden når de tar beslutninger i dag. Dette er en egenskap som kan sies å ha en ekstra betydning i klimaanalyser ettersom man i dag har kunnskap om hvilke tilpasninger som må gjøres i fremtiden. En annen attraktiv egenskap er at REMIND delvis inkluderer endogen teknologiutvikling for nye teknologier. Ved hjelp av læring antar man at nye teknologier vil bli mer produktive og billigere i fremtiden.

Verden i REMIND er delt inn i 12 regioner, hvor Norge er gruppert sammen med andre land i Europa som ikke er medlem av EU, som for eksempel Island, Sveits, Tyrkia og flere øst-europeiske land.

MESSAGE

MESSAGE er et modellrammeverk som består av fem ulike modeller. Det er modeller for energi, arealbruk, forurensing og klimautslipp, makroøkonomi og klima, se figur 4.

Figur 4: MESSAGE



Kilde: NGFS

MESSAGE er energimodellen i rammeverket. Den optimerer energisystemet slik at man møter energi-etterspørselen til en lavest mulig kostnad. MESSAGE simuleres iterativt sammen med MACRO, som er makroøkonomimodellen i systemet. MACRO er en enkeltsektor makroøkonomisk modell som estimerer responsen på energiprisene som kommer fra MESSAGE. Deretter løses de øvrige modellene slik at de er konsistente med MESSAGE og MACRO.

MESSAGE estimerer effektene fra klimagassutslipp og arealbruk på klima, men en viktig begrensning er at man ikke tar høyde for effekter fra klima på økonomien eller energisystemet. Med andre ord inkluderer man ikke eventuelle kostnader som klimaendringene kan få, ut over kostnadene ved omleggingen av energisystemet.

MESSAGE deler verden inn i 12 regioner, hvor Norge er plassert i regionen «Vest-Europa».

Makroøkonomiske framskrivninger: NiGEM

IAMene er store modeller med søkelys på energiomstilling. Representasjonen av andre økonomiske sammenhenger er veldig forenklet. Framskrivningen fra IAM-modellene kan imidlertid brukes som grunnlag for mer detaljerte økonomiske framskrivninger i en egen makroøkonomisk modell. NGFS bruker modellen «The National institute Global Econometric Model» (NiGEM), som er utviklet av National Institute of Economic and Social Research (NIESR).⁶ Med utgangspunkt i banene fra REMIND og MESSAGE gir NiGEM økonomiske framskrivninger for enkeltland og regioner.

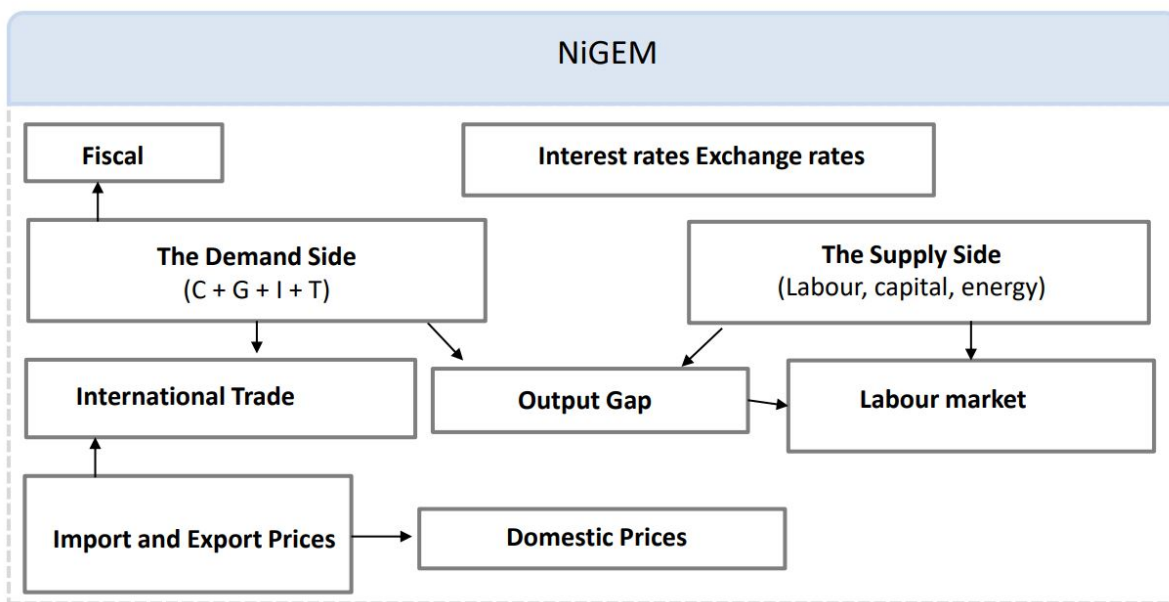
NiGEM er en global semi-strukturell makroøkonometrisk modell som er mye brukt blant offentlige og private virksomheter for å analysere den globale økonomien. Den inneholder relativt

⁶For mer informasjon, se <https://www.niesr.ac.uk/nigem-macroeconomic-model>

detaljert modellering av de største økonomiene, mens andre land har en forenklet modellering, eller er slått sammen til regioner. Land og regioner er knyttet sammen gjennom handel og integrerte finansmarkeder.

Figur 5 viser en oversikt over en region-modell i NiGEM.⁷ Selv om NiGEM er på redusert form og estimerte relasjoner ikke kan direkte spores tilbake til aktørenes optimeringsproblemer, er land-modellene i stor grad basert på en ny-keynesiansk struktur og deler mange karakteristikk med DSGE-modeller, som for eksempel «stive» priser, modell-konsistente forventninger og endogen pengepolitikk. Pengepolitikken i modellen settes ved hjelp av en Taylor-regel, hvor renten settes for å stabilisere inflasjon og produksjon.

Figur 5: *NiGEM*



Kilde: NGFS

Modellen inneholder også en aktiv finanspolitikk, og innføringen av karbonpris i scenarioene gir staten økte inntekter og økt handlingsrom i finanspolitikken. I de publiserte scenarioene bruker staten de økte inntektene til å redusere inntektsskatten. De økte inntektene kan også brukes på andre måter:

- Nedbetaling av gjeld, som vil gi permanent høyere nivå på offentlig pengebruk i fremtiden
- Økte offentlige investeringer, som i modellen øker mulig produksjon på lang sikt
- Lavere selskapskatt som stimulerer til høyere private investeringer

Det er publisert et eget memo som drøfter konsekvensen av alternative forutsetninger.⁸

⁷Region kan være et enkelt land eller en gruppe av land. For Norge er land-modellen i NiGEM en enklere versjon enn vist i figur 5.

⁸Se [NGFS Climate Scenarios for central banks and supervisors | Banque de France](#)

NiGEM bruker et utvalg av variablene fra IAM-modellene som eksogene forutsetninger når de skal fremskrive økonomiske variabler. Scenarioet «gjeldende retningslinjer» brukes som en utgangspunkt. Man «matcher» anslagene for BNP, befolkningsutvikling og konsum av primænergi mellom NiGEM og den aktuelle IAM-modellen for dette scenarioet. Deretter bruker man endringer i energibruk og karbonpris på tvers av scenarioene til å legge på «sjokk» i NiGEM.

To modeller – to scenarioer

Vi har søkelys på scenarioene hvor temperaturøkningen holder seg under 2°C, og sammenlikner effekten i en koordinert løsning med tidlig implementering – «under 2°C» – og en ukoordinert løsning som også skal sikre temperatur under 2°C – «forsinket omstilling». Vi baserer oss på scenarioene fra REMIND og MESSAGE-modellene, som er de modellene som skal være mest sammenliknbare.

En begrunnelse for å se på «under 2°C» er at Finansdepartementet i 2022 publiserte nye retningslinjer for bruk av karbonpris i samfunnsøkonomiske analyser. Der legger de blant annet til grunn baner som skal ha 50 prosent sannsynlighet for å nå et klimamål på 1,7°C. De tilsvarer NGFS sine baner med betegnelsen «under 2°C».⁹

Vi må påpeke at dette ikke er et ukontroversielt valg. Det har store konsekvenser for globalt miljø om verden klarer å begrense temperaturstigningen til 1,5°C eller 2°C. Det er også rimelig å stille spørsmål ved om et mål på temperaturøkning under 2°C er konsistent med Norges forpliktelser i Paris-avtalen og med at klimaloven slår fast at Norge skal være et lavutslippssamfunn i 2050.¹⁰

Utslipp og CCS

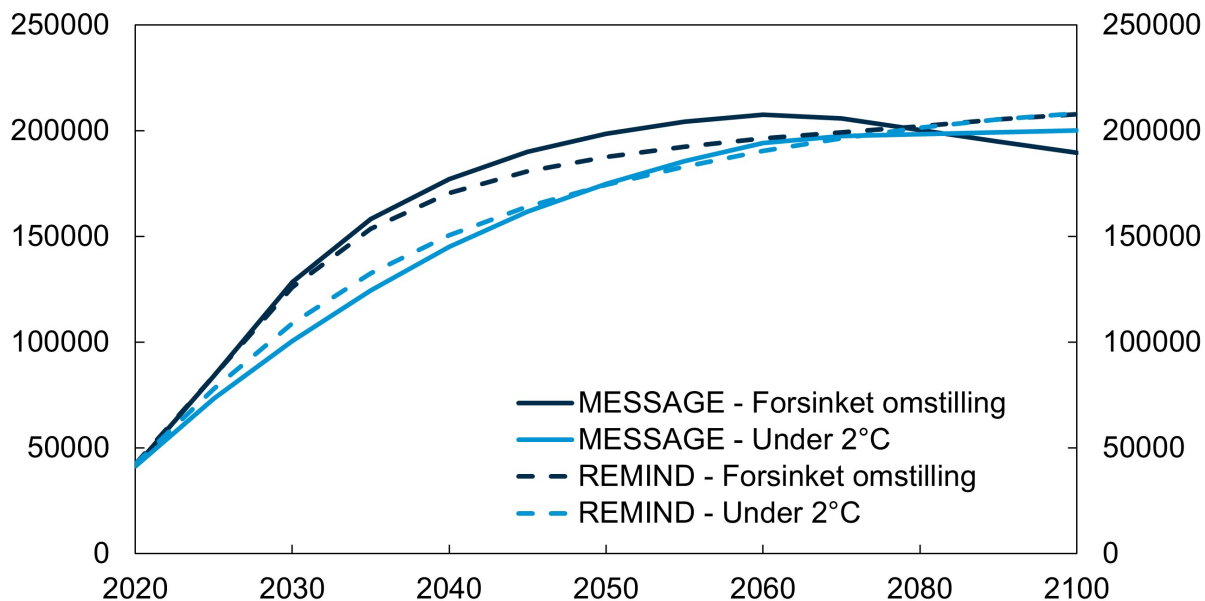
Over tid er det akkumulerte utslipp som bestemmer konsekvensene for miljøet. NGFS-scenarioene oppgir utslipp av ulike klimagasser, men ikke på samme måleenhet. Vi har derfor konsentrert oss om CO₂, som er den viktigste drivhusgassen. Utslipp av CO₂ brytes ned sakte og vil derfor akkumulere over tid. Andre klimagasser, som metan, er mer potente på kort sikt, men brytes raskere ned. Brutto utslipp er klart høyere i «forsinket omstilling» fram til 2030 i både REMIND og MESSAGE, deretter må de falle raskere enn i scenarioet «under 2°C». I praksis har alle fire framskrivninger om lag samme anslag på akkumulerte CO₂-utslipp over de neste 80 årene, som man skulle vente når temperaturmålet er det samme, se figur 6. Utslippene er høyere på kort sikt for de forsinkede scenarioene, men akkumulerte utslipp stabiliserer seg tidligere.

For å komme frem til samlede utslipp gjør modellen antakelser om utslipp fra ulike energi- og produksjonskilder og tiltak for å reversere utslipp. Et område det er knyttet særlig stor usikkerhet til, er forutsetningene om karbonfangst og -lagring. Karbonfangst (carbon dioxide removal – CDR)

⁹Se [Karbonprisbaner for bruk i samfunnsøkonomiske analyser](#)

¹⁰Se klimaloven, <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60>

Figur 6: *Akkumulerte utslipp av CO₂ i verden. Mt CO₂/år*



Kilder: NGFS og Norges Bank

henviser til muligheten for å hente karbon ut av atmosfæren og dermed redusere karbonkonsentrasjonene. Karbonfangst kan blant annet gjøres gjennom treplanting, men karbonfangst i stor skala forutsetter også bruk av mekanisk karbonlagring (carbon capture and storage – CCS). Forbrenning av biomasse er naturlige utslipp som ikke regnes som netto tilførsel av CO₂. Gjennom å forbrenne biomasse med CCS bidrar man til å holde tilbake karbon som er en del av den naturlige karbonsyklusen.¹¹

Med CCS kan verden dessuten fortsette å bruke fossilt brennstoff som energikilde – gjennom å fange opp utslippene av karbon og lagre dem i bakken. Siden fossilt brennstoff er billig, kan effektiv CCS gi tilgang på kostnadseffektiv energi.

Det er imidlertid stor usikkerhet om hvor effektive disse løsningene er. Jo mindre eller dyrere CDR og CCS, jo mer må karbonprisen økes for å redusere samlede utslipp. REMIND og MESSAGE har ulike antakelser om bruk av CCS og CDR. I tillegg til usikkerhet om kostnadene knyttet til CCS, er det forskjellige antakelser om hvor mye areal verden kan avsette til generering av biomasse som kan brukes til CDR.¹²

Ifølge scenariodokumentasjonen skal det være forskjellige antakelser om CCS i koordinerte og ukoordinerte scenarioer.¹³ Koordinerte scenarioer skal ha moderat til høy bruk av CCS, mens ukoordinerte scenarioer har lav til moderat bruk av CCS. Dette gjenspeiles ikke helt entydig i

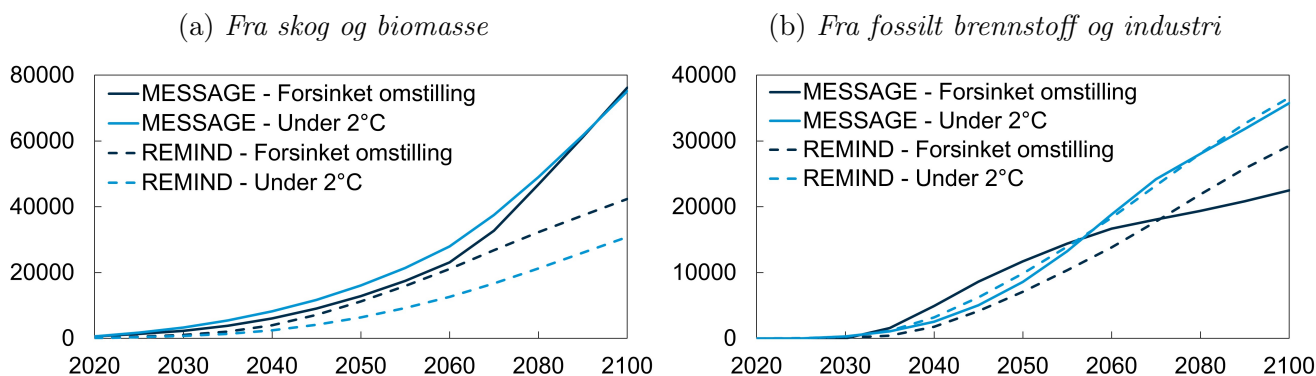
¹¹Det er også et alternativ å bruke maskiner til å hente karbon direkte fra luften, men dette er foreløpig svært energikrevende, og så vidt vi forstår ikke tatt med i NGFS sine scenarioer.

¹²CDR er særlig viktig i scenarioer med mål om å holde temperaturøkningen på 1,5°C, siden det er forholdsvis små utslipp som skal til før klimagasskonsentrasjonen blir så stor at verden passerer dette målet.

¹³Se https://www.ngfs.net/sites/default/files/media/2022/11/21/technical_documentation_ngfs_scenarios_phase_3.pdf, s. 19

tallene vi kan hente ut av databasen. At det er forskjell mellom scenarioene, forklarer heller ikke forskjellen i konsekvenser for karbonpris i de to modellene for samme scenario.

Figur 7: *Akkumulert CCS og CDR. Verden. Mt CO₂/år*



Kilder: NGFS og Norges Bank

MESSAGE har et høyere anslag på karbonlagring i skog enn REMIND, se figur 7a. Det bidrar til at samlet CDR er større i MESSAGE enn i REMIND. REMIND antar imidlertid at CDR er noe større i «forsinket omstilling» enn i «under 2°C», mens MESSAGE antar at dette er om lag like mye i begge scenarioer.

Antagelsen om bruk av CCS ved forbrenning av fossilt brennstoff og i industri (for eksempel knyttet til fjerning av karbon fra forbrenning av kull og kalk i sementproduksjon og metallindustri) er nesten lik i REMIND og MESSAGE når vi ser på «under 2°C», se figur 7b. Derimot skiller de lag i alternativet med «forsinket omstilling» – MESSAGE synes å anta at vekst i bruk av CCS til dette formålet stopper opp mellom 2040 og 2050, mens REMIND lar bruk av CCS fortsette å vokse, om enn i en lavere fart enn i «under 2°C». Vi kjenner ikke bakgrunnen til denne forskjellen.

Karbonpriser

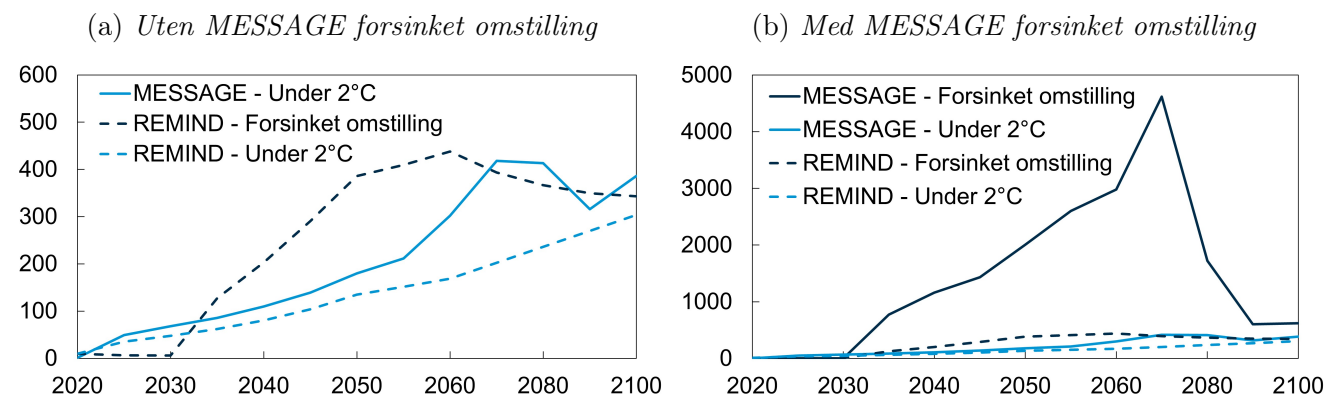
Det mest sentrale virkemiddelet for å redusere karbonutslipp er å sette en pris på karbon. I modellene reflekterer prisen hvor vanskelig det er å få til en omstilling til lavere utslipp. Jo vanskeligere omstillingen blir, jo mer må man i modellene øke prisen for å få ned utslippsnivået.¹⁴

I «under 2°C» øker karbonprisene umiddelbart, mens i «forsinket omstilling» øker de først etter 2030. MESSAGE har gjennomgående noe høyere anslag på nødvendig karbonpris enn REMIND, se figur 8a. I «under 2°C» er karbonprisen nesten 30 prosent høyere i 2050 i MESSAGE enn i REMIND. I 2070 er forskjellen nesten 100 prosent. Antakelser om energibehov og CCS/CDR kan bidra til dette, men det er grunn til å tro at forskjellene skyldes et bredt spekter av forskjeller mellom de to modellene.

¹⁴Merk at hvordan vi skal tolke karbonpris er et vanskelig tolkningsspørsmål. Norge har for eksempel en eksplisitt karbonavgift. Men denne gjelder ikke for utslipp som er omfattet av EUs kvoteregime. Også for innenlandske utslipp vil marginalprisen på utslipp kunne variere mye – for eksempel er marginalkostnaden for å kjøre en fossilbil istedenfor en elektrisk bil i Norge mye større enn den norske karbonskatten alene skulle tilsi.

Begge modellene anslår en relativt moderat økning i karbonprisen frem mot 2050. Merk at anslaget for 2030 er 48 USD i REMIND og 68 USD i MESSAGE.

Figur 8: *Karbonpris - uten og med MESSAGE forsinket omstilling. US\$2010/tonn CO₂*

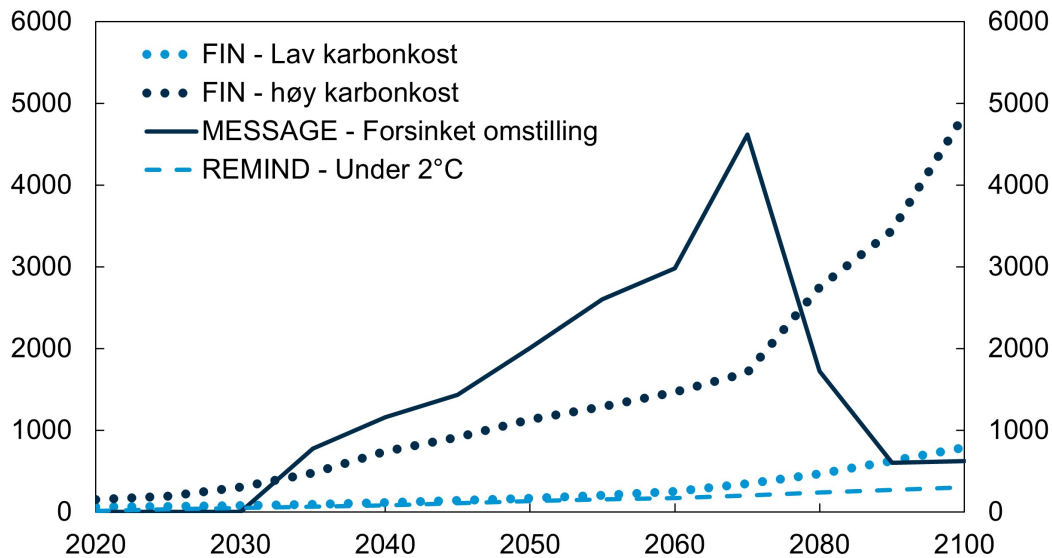


Kilder: NGFS og Norges Bank

Som ventet må avgiftene øke kraftigere når de først settes opp under «forsinket omstilling», og til et betydelig høyere nivå og raskere, enn i «under 2°C», se figur 8a. På toppen anslår REMIND maksimalavgiften til å være nesten tre ganger så høy med forsinket omstilling. Avgiften kommer da opp mot 450 USD i 2060.

Den virkelig store forskjellen finner vi imidlertid først når vi sammenlikner MESSAGE og REMIND med «forsinket omstilling», se figur 8b. MESSAGE anslår at karbonprisen skal øke vesentlig mer enn REMIND. REMIND anslår at verden trenger en karbonpris på 200 USD i 2040 for å nå et mål på under 2°C, MESSAGE anslår at avgiften må være 1160 USD. Forskjellen videreføres helt frem til 2070, hvor MESSAGE har et anslag på karbonpris på 4619 USD. Det er 90 ganger mer enn dagens norske karbonpris – og tilsvarer at karbonprisen på bensin øker fra om lag 1,2 kroner per liter i dag til over 100 kroner i 2070. Disse forskjellene vil senere gjenspeiles i større produksjonsfall og høyere inflasjon når man tar modellkjøringene fra REMIND og MESSAGE inn i NiGEM for å gjøre makroøkonomiske framskrivninger.

Figur 9: Karbonpris – REMIND under 2°C, MESSAGE forsinket omstilling US\$2010/tonn CO₂. Høyeste og laveste referansepris for samfunnsøkonomiske analyser med karbonpris fra Finansdepartementet, omregnet fra NOK på USD kurs 9,8 og publisert i desember 2022.



Kilder: Finansdepartementet, NGFS og Norges Bank

Den voldsomme økningen mellom 2060 og 2070 kan for eksempel ha sammenheng med at det på marginen er særlig dyrt å få ned utslipp i noen store land som er sent ute med utslippskutt, som India. Det markerte bruddet i prisen etter 2070 må ha sammenheng med at prisen på alternative energikilder og CCS på det tidspunktet har kommet så langt ned, at det ikke lenger er gunstig å bruke fossilt brennstoff som energikilde uten CCS selv om karbonprisen er redusert.

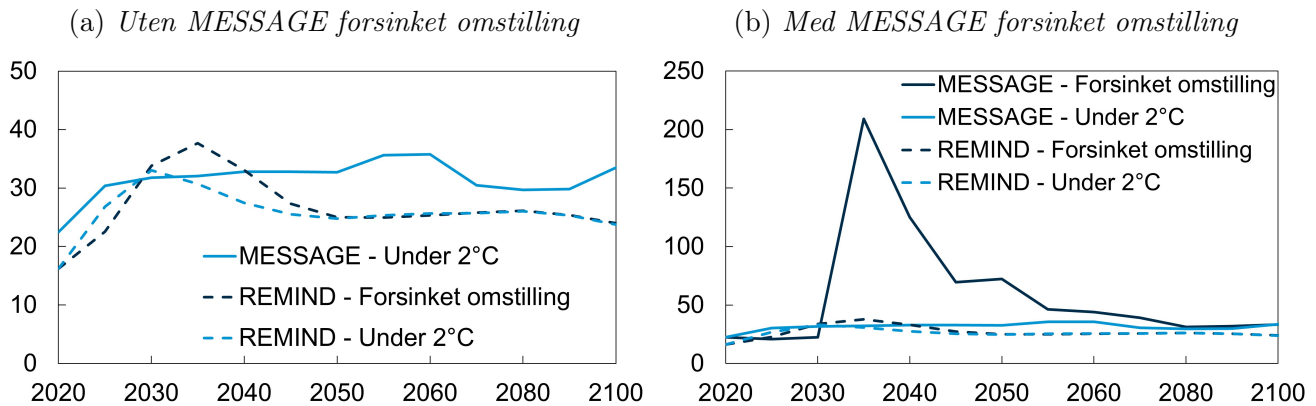
Den norske regjeringen legger til grunn at karbonprisen skal opp fra litt over 50 USD i dag til 204 USD (2000 NOK) innen 2030. Finansdepartementet offentliggjorde i 2022 en rettleider for karbonpris som skal brukes i samfunnsøkonomiske analyser. Rettleideren har framskrivninger for en øvre og nedre karbonpris. Den øvre banen tar utgangspunkt i et temperaturmål på 1,5°C, mens den nedre banen er 75 prosent av Finansdepartementets anbefalte karbonpris. Vi ser at det lave anslaget faller sammen med anslaget i REMIND «under 2°C» frem til 2060. Det øvre anslaget på karbonpris er noe lavere enn anslaget som ligger til grunn i MESSAGE med «forsinket omstilling», se figur 9. I Finansdepartementets anslag skal prisen øke mot slutten av perioden, men anslaget fra MESSAGE er at karbonprisen kan falle mot slutten av århundret.

Andre energipriser

Karbonprisen får effekt på andre energipriser, som elektrisitet. På kort sikt vil prisen på elektrisitet være tett knyttet til prisen på utslipp, siden mye av strømmen lages ved forbrenning av fossilt brennstoff. På sikt vil utslippsfrie alternativer ta over. Da vil prisen på elektrisitet bli frikoblet fra prisen på utslipp. REMIND anslår at i «forsinket omstilling» vil prisen på strøm kunne øke

markert når tiltak innføres, og til et noe høyere nivå enn «under 2°C». REMIND ser for seg en drøy dobling av elektrisitetsprisen sammenliknet med nivået rundt 2020, se figur 10a. For MESSAGE vil den veldig høye karbonprisen i «forsinket omstilling» også slå ut i elektrisitetsprisene, se figur 10b. I dette alternativet snakker vi om en syvdobling av pris, som kan minne om situasjonen vi har sett etter invasjonen i Ukraina.

Figur 10: Globale elektrisitetspriser – uten og med MESSAGE forsinket omstilling. US\$2010/GJ

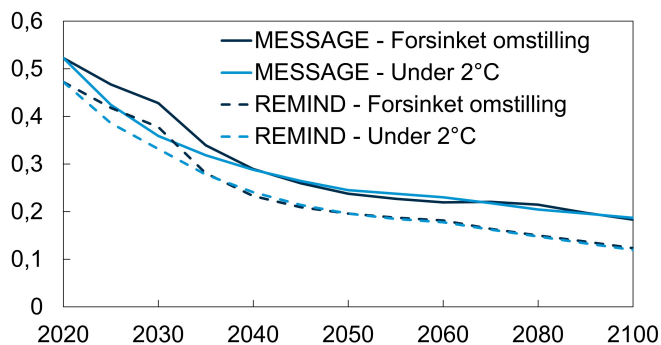


Kilder: NGFS og Norges Bank

Energisammensetning

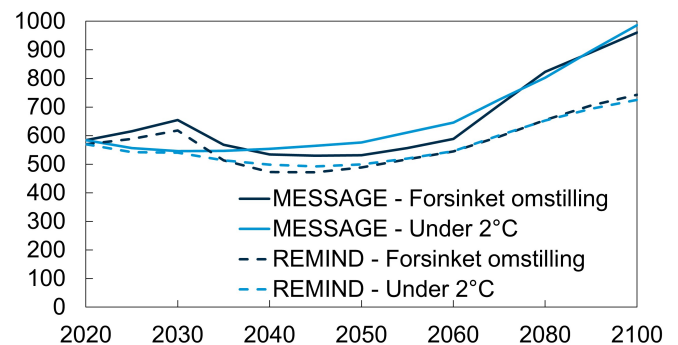
MESSAGE antar gjennomgående at det trengs mer energi per enhet BNP (energiintensitet) enn REMIND, se figur 11. Det kan forklare at MESSAGE anslår et behov for høyere karbonpriser enn REMIND, men forklarer ikke hvorfor det er så mye større forskjell på scenarior «under 2°C» og «forsinket omstilling» i MESSAGE.

Figur 11: Energiintensitet. Energiproduksjon per enhet BNP



Kilder: NGFS og Norges Bank

Figur 12: Primær energiproduksjon på nivå. EJ/år



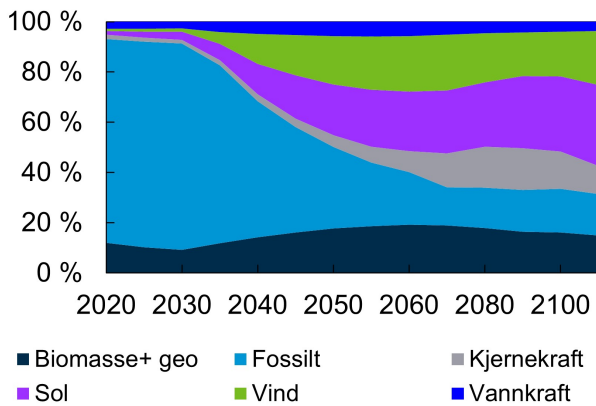
Motsatsen til energiintensitet er brutto energiproduksjon, som er noe høyere i anslagene fra MESSAGE, se figur 12. I årene mellom 2030 og 2060 er BNP hos MESSAGE betydelig lavere med «forsinket omstilling» enn med «under 2°C». Dette gir seg også utslag i lavere energiproduksjon (vi kommer tilbake til BNP i neste avsnitt).

Skal energiproduksjonen holde seg oppe, men utslippene falle, må sammensetningen av energiproduksjonen endre seg. Bruk av fossilt brennstoff som energikilde må reduseres til fordel for sol, vind, vann, kjernekraft og biomasse. Både MESSAGE og REMIND anslår at det først og fremst er sol og vind som vil øke. MESSAGE har lagt inn noe økning i bruk av kjernekraft, som reduserer behovet for vind sammenliknet med REMIND, se figur 13. REMIND har også en noe større andel energi fra biomasse.

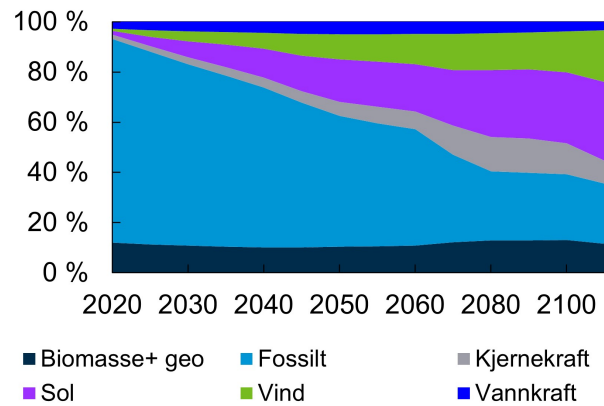
Omstillingen i forsinket omstilling starter først i 2030, så den må foregå desto raskere når den kommer i gang. Det gjelder for begge modeller. Forskjellen mellom «under 2°C» og «forsinket omstilling» er særlig tydelig i MESSAGE, noe som reflekterer den store økningen i karbonpriser denne modellen anslår.

Figur 13: Energisammensetning i verden. Prosent av total energiproduksjon per år

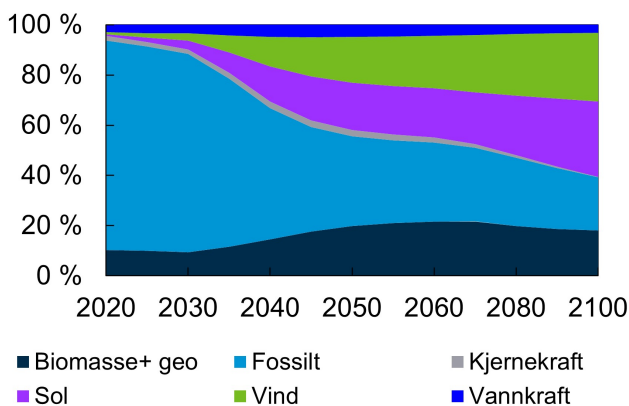
(a) MESSAGE - forsinket omstilling



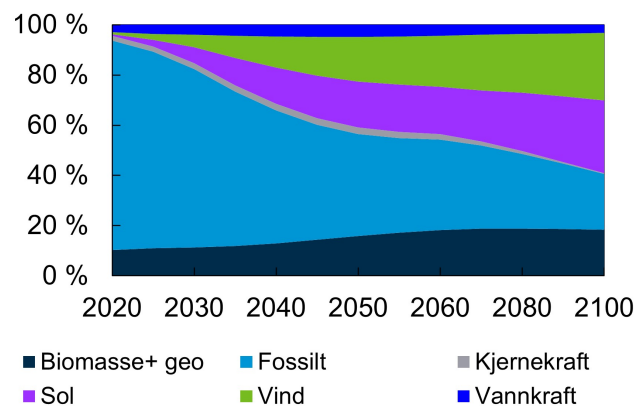
(b) MESSAGE - under 2°C



(c) REMIND - forsinket omstilling



(d) REMIND - under 2°C



Kilder: NGFS og Norges Bank

Effekter på BNP, investeringer, konsum, inflasjon og renter – resultatene fra IAM-modellene prosessert gjennom NiGEM

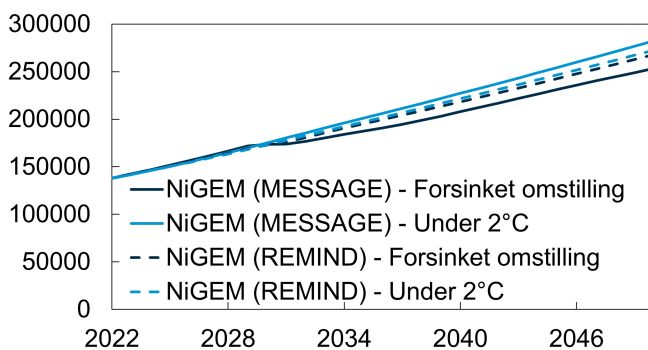
IAM-modellene anslår hvordan verden kan redusere utslipp gjennom å endre energistruktur ved å sette opp karbonprisen. For å analysere de økonomiske konsekvensene av disse endringene, lages framskrivninger med den makroøkonomiske modellen NiGEM. Framskrivningene i NiGEM betinger på banene for energiomstilling og karbonpriser fra IAM-modellene. NiGEM beregner BNP, og dekomponerer effektene på BNP i effekter på investeringer og konsum. I NiGEM vil banene for energiomstilling utløse en respons i form av økte priser, som vil møtes av aktiv pengepolitikk. Det vil påvirke rentenivået.

Effekten av klimapolitikk sammenliknes med en hypotetisk bane der det ikke er klimaeffekter fra overgangsrisiko eller fysisk risiko. Både anslagene fra REMIND og MESSAGE har som utgangspunkt at verdensøkonomien skal vokse, men MESSAGE legger til grunn sterkere vekst uten klimaendringer enn REMIND.

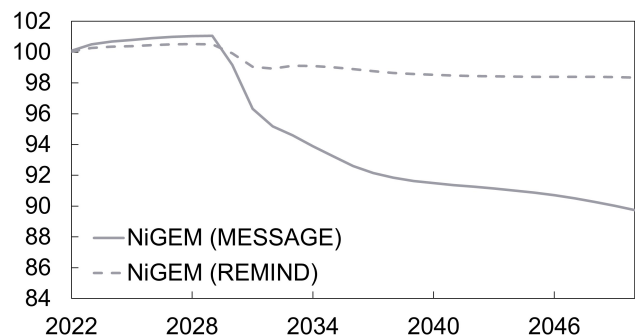
BNP i store regioner

NiGEM anslår om lag samme effekt på BNP av framskrivningene fra MESSAGE og REMIND i «under 2°C», men siden veksten før klimapolitikk er sterkere i MESSAGE, ender verdensøkonomien opp med høyere produksjon i MESSAGE enn i REMIND i dette alternativet, se figur 14. Med «forsinket omstilling» anslår derimot NiGEM store forskjeller. I MESSAGE koster det mye for verdens produksjon å velge «forsinket omstilling».

Figur 14: *BNP i verden på nivå. Milliarder US\$. PPP (2017)*



Figur 15: *BNP i forsinket omstilling i prosent av BNP i under 2°C. Verden*



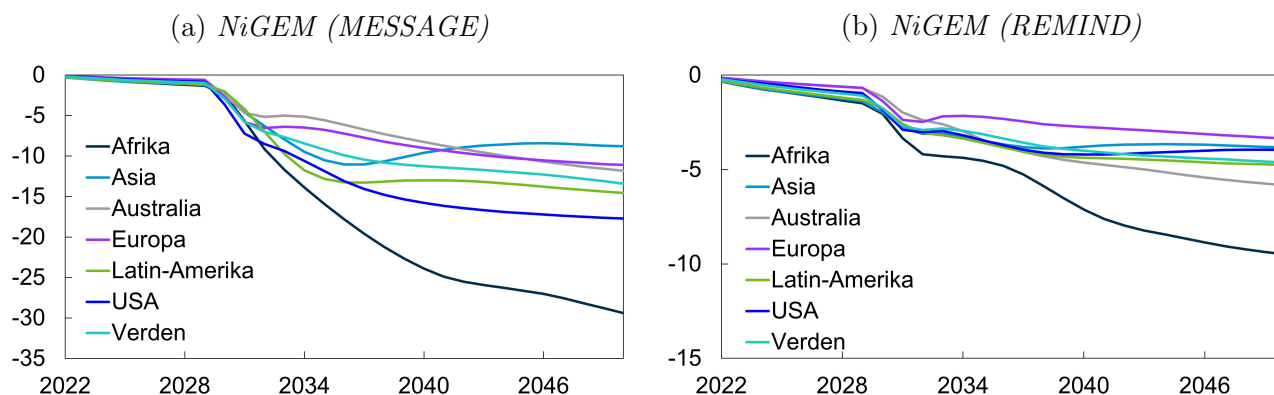
Kilder: NGFS og Norges Bank

Vi kan få dette frem ved å vise NiGEMs anslag på det relative BNP-nivået i de to scenarioene med baner fra de to modellene. I REMIND koster det om lag 2 prosent mer av globalt BNP å velge «forsinket omstilling», i MESSAGE koster det opp mot 10 prosent mer av BNP, se figur 15.

Det er forskjeller i størrelsen på effekten, men NiGEMs anslag viser at det er Afrika som kommer

klart dårligst ut med framskrivningene fra begge modeller, se figur 16. For de andre regionene har de to modellene ulik rangering.

Figur 16: *BNP i forsinket omstilling. Prosentvis avvik fra bane uten klimaeffekter*



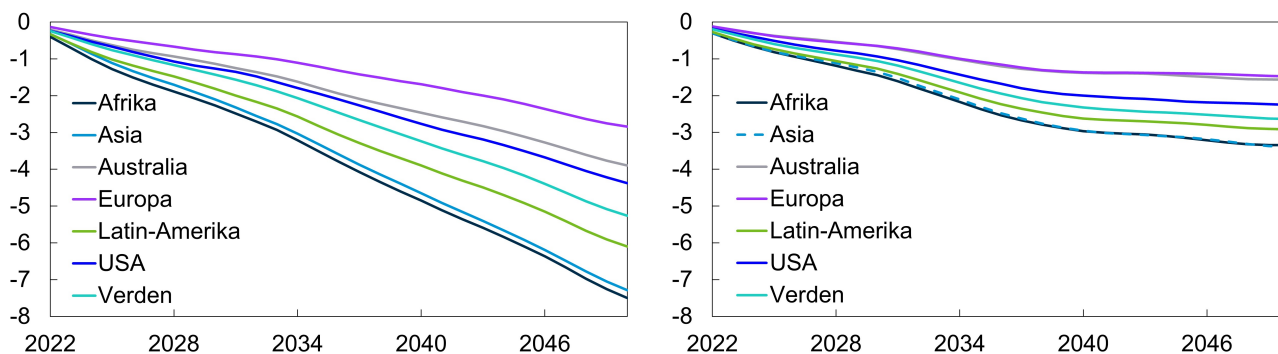
Kilder: NGFS og Norges Bank

Fysisk risiko

Anslaget på BNP over inkluderer både overgangsrisiko og fysisk risiko. Vurdering av de økonomiske effektene av fysisk klimaendringer gjøres som en separat analyse i IAM-modellene (se ramme 1). Det er vanlig å skille mellom kronisk risiko, som i hovedsak er kostnadene av økt temperatur på arbeidsproduktivitet, og akutt risiko, som er knyttet til mer ekstremvær og stigende havnivå. NiGEM tar med kronisk fysisk risiko i framskrivningen av BNP.

Figur 17: *Effekter av kroniske fysiske klimaendringer på BNP. NiGEM(MESSAGE)*

(a) *Gjeldende retningslinjer som prosentvis avvik fra bane uten klimaeffekter* (b) *Under 2°C som prosentvis avvik fra bane uten klimaeffekter*



Kilder: NGFS og Norges Bank

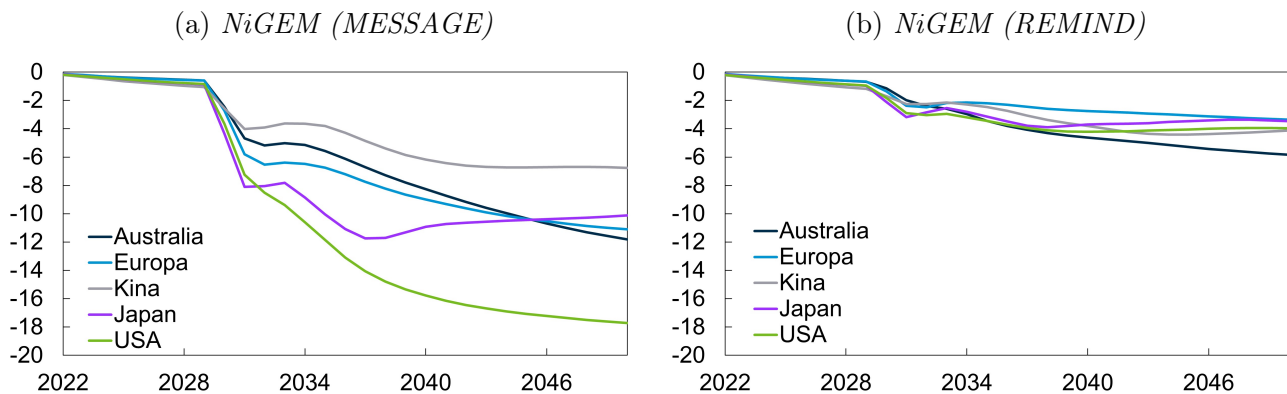
I både «under 2°C» og «forsinket omstilling» holdes de negative effektene av fysiske klimaendringer tilbake gjennom kraftige utslippskutt. For å sette de økonomiske konsekvensene av en temperaturøkning som begrenses til under 2°C i perspektiv, må vi se det opp mot hvordan fysiske klimaendringer kunne ha påvirket verden dersom slike utslippskutt ikke gjennomføres. Referansen

er her at verden istedenfor å kutte utslipp fortsetter med dagens gjeldende retningslinjer. Det vil gi en anslått temperaturøkning på 2,5°C. Med en slik temperaturøkning kan kronisk risiko redusere BNP i Afrika med mellom 7 og 8 prosent, mot litt under 3 prosent i Europa, se figur 17a. Til sammenlikning vil en stabilisering av temperaturøkningen under 2°C redusere forventet effekt i Europa til om lag 1,5 prosent og i Afrika til litt over 3 prosent, se figur 17b .

Sammensetningen av BNP – konsum og investeringer ved forsinket omstilling

BNP er summen av investeringer, konsum og netto utenrikshandel. NiGEM gir bare framskrivninger av investeringer og konsum i et utvalg av land. Vi kan derfor ikke gjøre denne opdelingen for Latin-Amerika, Afrika og Asia. Istedenfor tar vi med Kina og Japan, se figur 18. Av regionene vi ser på, gir banene fra MESSAGE gjennomgående mer negativ utvikling i BNP i USA, mens REMIND anslår mest negativ utvikling i Australia.

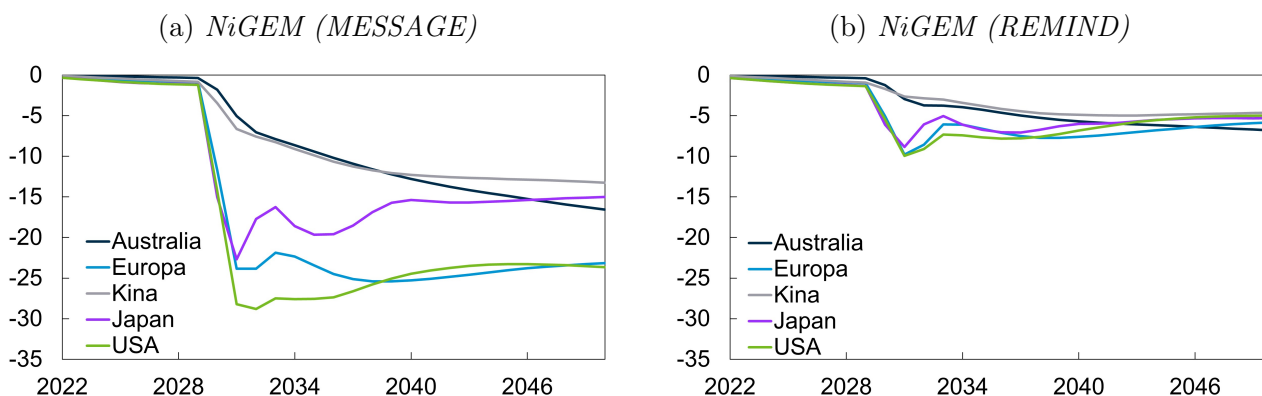
Figur 18: *BNP i forsinket omstilling. Prosentvis avvik fra bane uten klimaeffekter*



Kilder: NGFS og Norges Bank

Når man skal dekomponere effektene av klimapolitikk i disse framskrivningene, må vi huske at i IAM-modellene drives klimapolitikk gjennom økt karbonpris. Når denne karbonprisen legges inn i NiGEM, gir det et kraftig fall i private investeringer på grunn av økte kostnader, se figur 19. Private investeringer faller raskt i alle regioner.

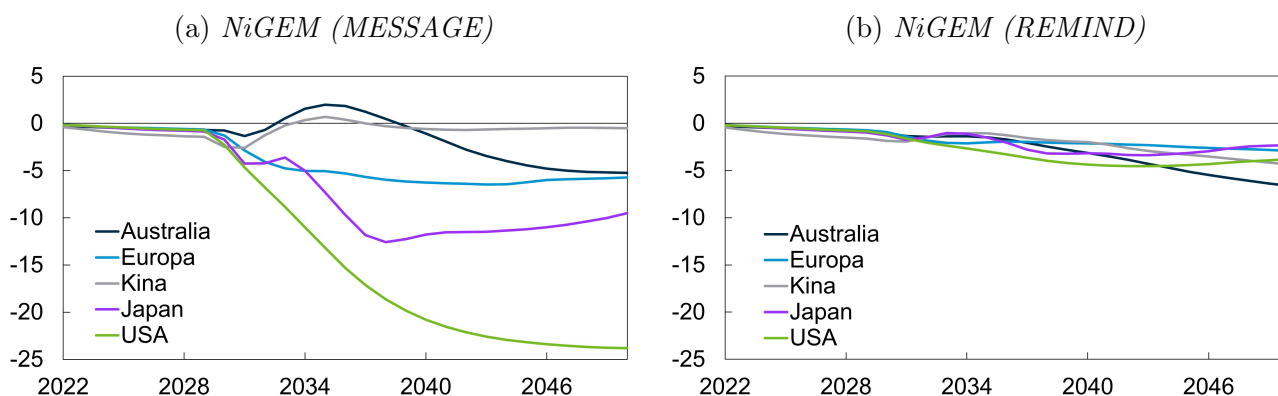
Figur 19: *Private investeringer i forsinket omstilling. Prosentvis avvik fra bane uten klimaeffekter*



Kilder: NGFS og Norges Bank

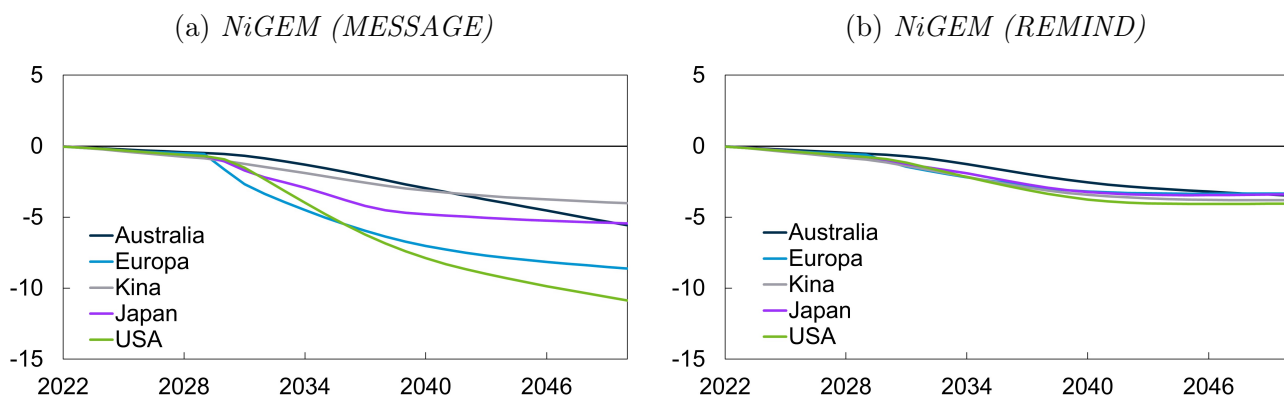
Over tid faller også privat konsum, fordi reallønnen reduseres og produktiviteten faller, se figur 20. MESSAGE gir særlig svak utvikling i privat konsum i USA. Offentlige investeringer blir også lavere, men dette skjer gradvis og som konsekvens av at skatteinntektene faller når BNP blir lavere, se figur 21.

Figur 20: *Privat konsum i forsinket omstilling. Prosentvis avvik fra bane uten klimaeffekter*



Kilder: NGFS og Norges Bank

Figur 21: *Offentlig investeringer i forsinket omstilling. Prosentvis avvik fra bane uten klimaeffekter*

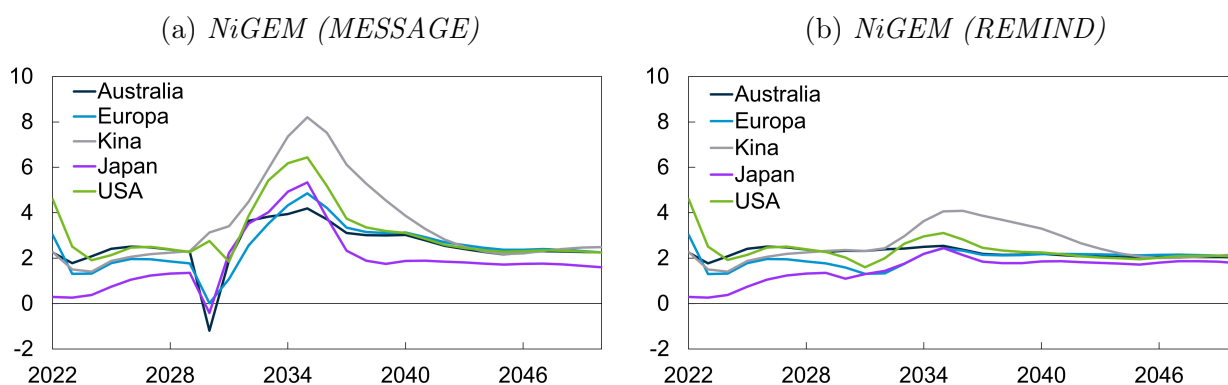


Kilder: NGFS og Norges Bank

Inflasjon og renter

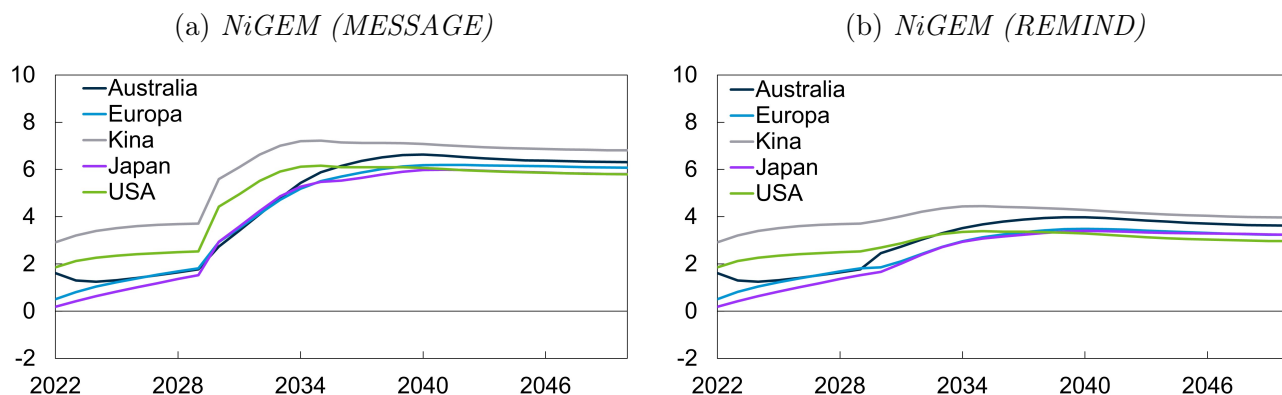
NiGEM gir også framskrivninger av inflasjon og vurderer effektene produksjon og inflasjon kan ha på rentenivået i økonomien. Stigende karbonpris i perioden frem til 2050 virker som et kostnadssjokk som gir høyere inflasjon. Gitt det kraftige økningen i karbonprisen i MESSAGE med forsinket omstilling, er inflasjonseffekten mye sterkere enn med framskrivningene fra REMIND, se figur 22. Inflasjonseffekten er også forventet å vedvare betydelig lenger i MESSAGE. Det tar nesten 15 år før inflasjonen er tilbake på sitt langsiktige nivå rundt 2 prosent.

Figur 22: *Inflasjon i forsinket omstilling. Prosent*

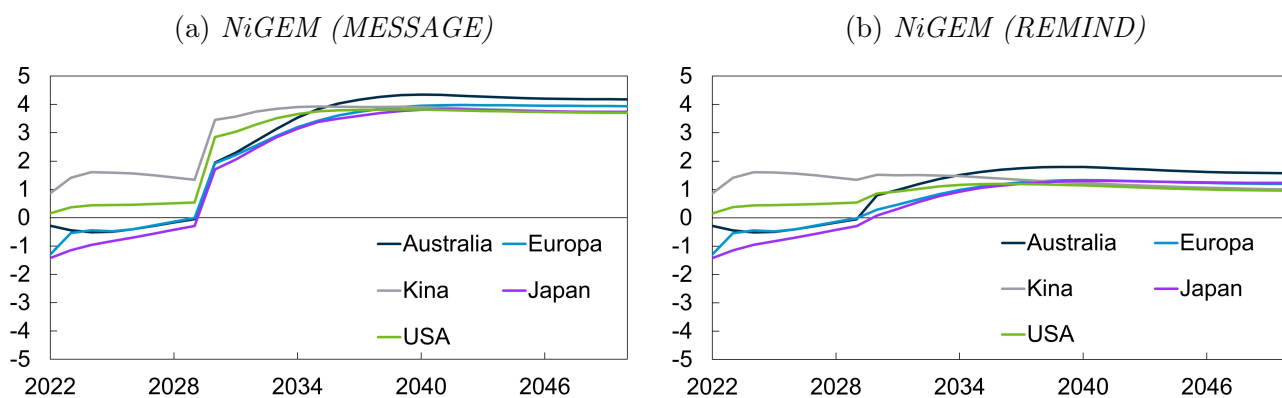


Kilder: NGFS og Norges Bank

Pengepolitikken i NiGEM er i tråd med en Taylor-regel hvor sentralbanken legger vekt på både inflasjon og produksjon. Lavere produksjon vil isolert sett trekke renten ned, mens høyere inflasjon trekker opp. Framskrivningene fra begge modellene har som antakelse at lange renter vil stabilisere seg på et høyere nivå enn vi har sett de siste årene. I MESSAGE blir renteeffekten vesentlig høyere enn i REMIND, selv om det meste av inflasjonseffekten bare er midlertidig, se figur 23. Konsekvensen er et betydelig høyere realrentenivå i MESSAGE enn i REMIND, se figur

Figur 23: *Lange renter i forsinket omstilling. Prosent*

Kilder: NGFS og Norges Bank

Figur 24: *Lange realrenter i forsinket omstilling. Prosent*

Kilder: NGFS og Norges Bank

Hvordan klimautfordringen påvirker realrenten, er viktig for å forstå hvordan klimapolitikk kan påvirke pengepolitikken. Men det er fremdeles stor usikkerhet om disse effektene. For eksempel står et resultat som viser at strammere klimapolitikk skal føre til høyere realrente, i kontrast til andre vurderinger av hvordan klimaendringer og klimapolitikk vil påvirke realrenten over tid. Mongelli et al (2022)¹⁵ finner at litteraturen peker i retning av at de negative veksteffektene vil dominere på realrenten, og at klimaendringene dermed mest sannsynlig vil bidra til lavere realrente.

¹⁵Se [The effects of climate change on the natural rate of interest: a critical survey \(europa.eu\)](https://www.europa.eu)

Konklusjon

Scenarioer utviklet med IAM-modeller har siden slutten av 1990-tallet blitt etablert som et viktig verktøy for å forstå hvordan verden kan forholde seg til klimakrisen. Dette er kompliserte modeller som må ta mange forutsetninger. Små forskjeller i modellene kan gi store utslag i resultatene. Dette er velkjent.

NGFS har forsøkt å gjøre slike scenarioer mer brukervennlige for de som jobber med makroøkonomi og finans gjennom å gjøre framskrivninger fra noen utvalgte modeller tilgjengelig gjennom en enkel scenarioportal. Videre har NGFS forsøkt å ta arbeidet med scenarioer et steg videre. De makroøkonomiske effektene av klimapolitikken i IAM-modellene er vurdert gjennom å ta disse inn i den etablerte makroøkonomiske modellen NiGEM. NGFS har også forsøkt å sette søkelys på den økonomiske konsekvensen av fysisk risiko.

En konklusjon vi kan trekke etter å ha sett på ulike framskrivninger, er at hvis verden kommer sammen om å sette en pris på klimautslipp («koordinert scenario»), og hvis teknologien utvikler seg slik man nå mener å kunne forvente, vil overgangen til et lavutslippssamfunn ha store omfordelingseffekter, men kostnaden som er anslått i de fleste modellene burde være håndterbart for samfunnet sett under ett – og innsparingene i form av lavere fysisk risiko senere er stor. Skulle verden derimot ikke klare å samarbeide om en effektiv omstilling («ukordinert scenario»), kan kostnadene målt i form av redusert produksjon bli betydelige.

Vi har sammenliknet et koordinert og et ukoordinert scenario fra to ulike modeller slik det presenteres i versjon 3 av NGFS scenario portal. De to modellene er i utgangspunktet ganske like med hensyn til modellvalg. Vi finner likevel at mens modellene REMIND og MESSAGE gir ganske sammenliknbare resultater for scenarioet «under 2°C», gir de vesensforskjellige anslag for nødvendige karbonpriser i scenarioet «forsinket omstilling». Effektene på priser og produksjon er store, med betydelig større produksjonsfall og høyere prisvekst i anslaget fra MESSAGE. De store forskjellene i modellanslag synliggjør den store usikkerheten om hvordan klimaendringene vil slå ut i økonomien.

Scenarioene gir et utgangspunkt for videre arbeid for å forstå konsekvensene av klimapolitikk. Scenarioene kan være en referanse når Norges Bank skal gjøre vurderinger om forventet utvikling i karbonpris og endringer i energisammensetning. Samtidig illustrerer forskjellen mellom de ulike modellene usikkerheten verden står overfor i overgangen til et lavutslippssamfunn. På den annen side må vi tilkjenne at scenarioene er for overordnede til å kunne gi detaljerte vurderinger av norsk økonomi. Til det trenger man andre modeller og analyser. Scenarioene reflekterer heller ikke nedsiderisikoen vi må ta hensyn til når vi skal vurdere klimarisiko i analyser av finansiell stabilitet. Scenarioene må derfor tas for det de er – ambisiøse forsøk på å vurdere en global løsning på klimaproblemet.

1 Ramme: Kostnaden av fysiske klimaendringer

IAM-modeller er ikke bygget for å vurdere effekten av klimaendringer og kutt i klimautslipp samtidig. Effekten av fysisk klimarisiko gjøres derfor i en separat analyse. NGFS har som mål å bidra til bedre vurderinger av konsekvensene av fysiske klimaendringer.

Når man skal beregne konsekvensene av fysiske klimaendringer, deles ofte analysen i en vurdering av kronisk risiko, som ser på følgene av at gradvis høyere temperaturer gir lavere produktivitet og dermed et fall i produksjonen, og akutt risiko, som ser på følgene av at frekvensen av ekstremværhendelser øker og at havnivået stiger. I tillegg vil klimaendringene kunne føre til tap som ikke har direkte effekt på økonomisk aktivitet – som mindre artsmangfold eller endringer i naturen, men dette er ikke tatt med i vurderingene NGFS nå gjør.

Beregninger av hvordan fysiske klimaendringer påvirker produksjonen er preget av enda større usikkerhet enn vurderingene av effektene av overgangen til et lavutslippssamfunn. For det første vet vi fremdeles lite om hvordan konsekvensene av høyere temperaturer vil spille seg ut. Ikke minst er det stor usikkerhet om hvordan klimaendringer kan påvirke biologisk mangfold. Konsekvensene av klimaendringene er dessuten nært knyttet til hvordan vi innretter oss for å redusere effektene. Bygger man diker for å hindre effektene av mer springflo, dypere drenering for å redusere skadene ved ekstremvær eller endrer byggestil for å redusere konsekvens av varmere vær, vil noen av de negative effektene av klimaendringene kunne dempes.

Anslagene på kronisk fysisk risiko i NGFS-scenarioene er basert på beregninger av Kalkuhl og Wentz (2020).¹⁶ Kalkuhl og Wentz har et datasett med temperatur og bruttoprodukt på regionalt nivå for mer enn 1500 regioner i 77 land. De estimerer effekter av økte temperaturer på produktivitetsnivåer og produktivitetsvekst. De finner ikke bevis for permanente effekter på produksjonsvekst, men bevis for at temperatur påvirker produktivitetsnivået betraktelig. En økning i den globale gjennomsnittlige overflatetemperaturen med omtrent 3,5°C frem til slutten av århundret anslås å kunne redusere den globale produksjonen med 7–14 prosent i 2100, med høyere skader i tropiske og fattige områder. Disse tallene tar ikke hensyn til verdier som ikke er markedsbasert og skader fra ekstremvær eller havnivåstigning. For scenarioer med et temperaturmål viser NiGEM det mest sannsynlige utfallet for effektene av kronisk fysisk risiko. For scenarioer med sterkere temperaturstigning, som «gjeldende retningslinjer», viser man resultatet fra 95-persentilen. Dette skal reflektere at usikkerheten øker med høyere global temperaturstigning.

NGFS gir også et estimat på effektene av akutt risiko for kjøringene i NiGEM. Dette er gjort med en stokastisk analyse basert på data om ekstremvær fra CLIMADA-databasen. Arbeidet er ennå under utvikling. Foreløpig er estimater av akutt risiko bare tilgjengelig på globalt nivå og den negative effekten på BNP anslås til om lag 1,5 prosent i 2100 hvis man fortsetter dagens politikk, og i underkant av 1 prosent hvis temperaturen stabiliserer seg under 2°C.

¹⁶Se https://econpapers.repec.org/article/eeejeeman/v_3a103_3ay_3a2020_3ai_3ac_3as0095069620300838.htm

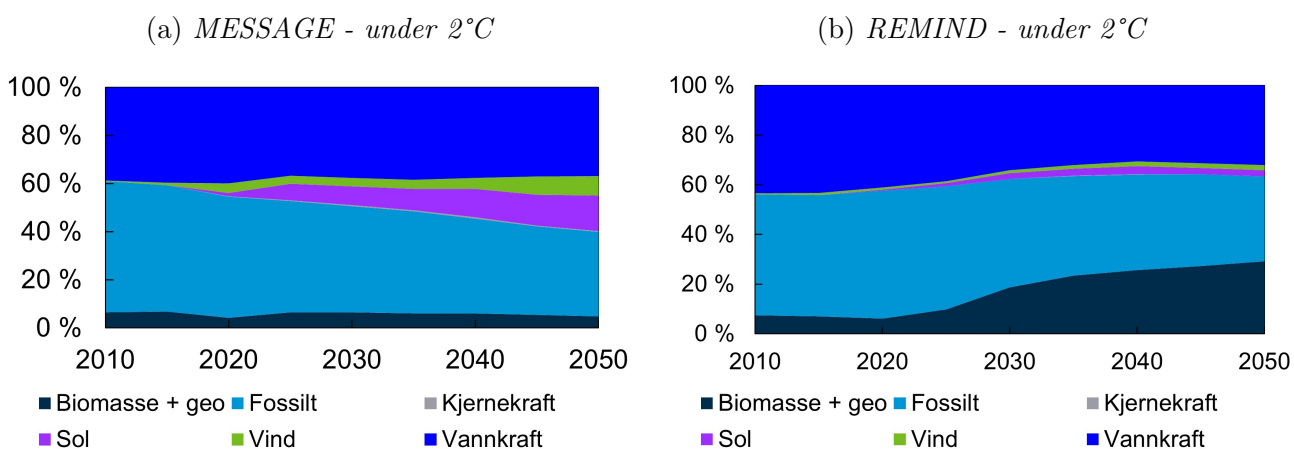
2 Ramme: Resultater for de nordiske landene

REMIND og MESSAGE deler verden i 12 regioner. Disse brytes så ned til framskrivninger for enkeltland. Framskrivningene lages ved hjelp av en algoritme som er nærmere beskrevet i den tekniske dokumentasjonen. I hovedsak gjøres det ved å kombinere historiske data for hvert land med de langsiktige framskrivingene for den regionen landet er en del av i IAM-modellen. I tillegg harmoniseres tallene slik at landene summerer seg opp til banen for hele regionen. Det gjøres noen grep for å ta hensyn til vedtatt politikk.

Framskrivningene må ikke oppfattes som en prognose for enkeltland, men heller som en skalering av den regionale framskrivningen til enkeltland. Med unntak av at man bruker historiske data, tar ikke modellene hensyn til nasjonale særegenheter. Dette er en faktor som har stor innvirkning på scenarioene for Norge. Scenarioframskrivingene for Norge blir i stor grad påvirket av hvilken region Norge er en del av i IAM-modellene. For eksempel vil framskrivingene i REMIND, hvor Norge er i region sammen med andre europeiske land utenfor EU, være forskjellige fra MESSAGE, hvor Norge er i regionen Vest-Europa.

Vi kan se dette ved å sammenlikne resultatene for hva modellene sier om sammensetningen av norsk energiproduksjon. Norge har i mye energiproduksjon fra vannkraft. Fossilt brennstoff brukes særlig til energiproduksjon i transportnæringen.¹⁷ Slik vil det også være i 2050, men siden modellene anslår moderat vekst i vannkraft i løpet av perioden, vil ikke andelen øke selv om bruken av fossilt brennstoff faller. I MESSAGE erstattes fossilt brennstoff av vind og sol, se figur 25. I REMIND erstattes fossilt brennstoff av biomasse. Økt bruk av biomasse i Norge er mulig – Sverige har for eksempel tradisjonelt hentet mye mer energi fra biomasse enn Norge. Men i norsk energiplanlegging er det særlig bygging av havvind som dominerer. Utbygging av havvind er imidlertid ikke synlig i framskrivingene i noen av modellene.

Figur 25: *Energisammensetning i Norge. Prosent av total energiproduksjon per år*

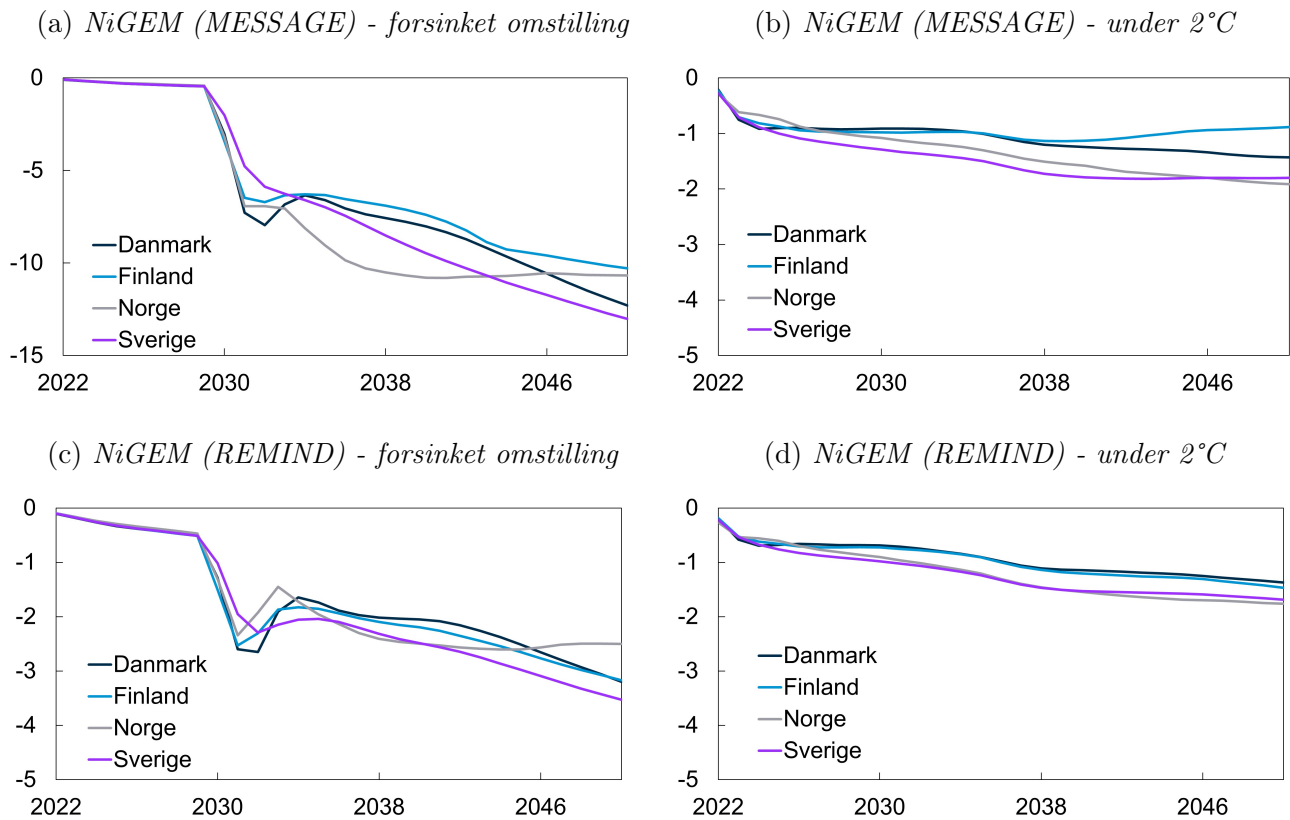


Kilder: NGFS og Norges Bank

¹⁷Merk at utvinning av olje ikke er energiproduksjon – energiproduksjonen skjer ved forbrenning av olje.

Norge er modellert i NiGEM, men ikke fullt ut. Blant annet er det ikke dekomponerte produksjonstall for Norge, så vi kan ikke identifisere privat konsum og utviklingen i investeringene. Det er imidlertid en bane for utvikling i BNP, inflasjon, renter og boligpriser. Vi har ikke grunn til å tro at modellene reflekterer sammensetningen av norsk eksport og andelen av eksport som kommer fra salg av fossilt brennstoff. Når vi sammenlikner framskrivningene av effektene på BNP i de skandinaviske landene og Finland, er forskjellene gjennomgående små, se figur 26. Rangeringen mellom landene er vanskelig å forklare, og de synes å variere noe tilfeldig mellom de fire alternativene.

Figur 26: BNP effekter i nordiske land. Prosentvis avvik fra bane uten klimaeffekter



Kilder: NGFS og Norges Bank

3 Ramme: Bruk av klimascenarioer til stresstesting

Innenfor finansiell stabilitet har klimascenarioer blitt brukt som et verktøy i stresstester.¹⁸ Det er her viktig å påpeke at et scenario generelt har som mål å representere en løsning under gitte forutsetninger. Den scenariolitteraturen vi ser på her, har i mindre grad søkelys på usikkerhet i den enkelte framskrivning (kanskje fordi både utvikler og bruker er kjent med at slik usikkerhet er veldig stor), men viser isteden resultater fra ulike modeller med ulike forutsetninger. Poenget med klimascenarioene er å gi politikkråd, ikke å illustrere nedsiderisiko dersom ting skulle gå galt.

Når man bruker et klimascenario i en stresstest, bygger det på at klimapolitikk i seg selv er vurdert som stress på økonomien – relativt til en verden hvor aktørene ikke tar klimapolitikk innover seg. Scenarioene kan også illustrere hvordan noen forutsetninger – som å starte tidlig med utslippskutt istedenfor å vente, eller å samarbeide istedenfor å ikke samarbeide – gir bedre løsninger enn andre. Ulike modeller kan vise at vurderingen av effektene er svært usikker.

Det er også mulig å tenke seg mer klassiske stresstester, som har søkelys på halerisiko. Da tar stresstesten utgangspunkt i en referansebane og antar at «alt går galt» for å vurdere hvor store konsekvenser et slikt utfall kan få for finansielle institusjoner. Klimascenarioene kan være med å bestemme hvordan en referansebane i et stressalternativ skal se ut. Ved å sammenlikne ulike modeller og ulike scenarioer kan vi også få mer innsikt i hvor den mulige nedsiderisikoen knyttet til klimapolitikk og klimaendringer kan tenkes å være.

¹⁸For eksempel bruker IMF NGFS scenarioene som grunnlag for å vurdere klimarisiko i stresstester utført i forbindelse med sine Financial Assessment Programs (FSAP), som gjøres i Norge hvert femte år. Se [Approaches to Climate Risk Analysis in FSAPs \(imf.org\)](https://www.imf.org/en/Publications/FSAP/Approaches-to-Climate-Risk-Analysis).