

Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima 2021



M-2078 | 2021

Utgitt av

Teknisk beregningsutvalg for klima,
oppnevnt av Regjeringen 15. juni 2018

Innhold

1. Innledning	5
2. Utvalgets aktiviteter siden forrige rapport	7
2.1 Møter og presentasjoner	7
2.2 Seminar om skandinaviske makromodeller	7
3. Sammendrag fra rapporten om makromodeller	9
3.1 Innledning	9
3.2 Oversikt over makroøkonomiske modeller	9
3.3 Kriterier for å vurdere makromodeller for klimaanalyser	12
3.4 Makromodeller i Norge	13
3.5 Makromodeller i utvalgte andre land	19
3.6 Samlet vurdering og konklusjon	20
4. Status for arbeidet med klimaeffekt av statsbudsjettet	25
4.1 Resultater fra uttesting av kategoriseringsmetode	25
4.2 Bruk av SNOW til å simulere klimaeffekt av poster på statsbudsjettet	26
5. Utvalgets videre arbeid	29
Referanser	30

Til Klima- og miljødepartementet

Teknisk beregningsutvalg for klima ble oppnevnt 15. juni 2018. I 2020 ble utvalget besluttet videreført for perioden 23. juni 2020 til 23. juni 2023 med et noe justert mandat og endret sammensetning. Utvalget har som oppgave å bidra til ny kunnskap og nye metoder for tiltaks- og virkemiddelanalyser på klimaområdet Dette er utvalgets tredje rapport.

Oslo, 24. juni 2021

Knut Einar Rosendahl
(leder)

Mette Helene
Bjørndal

Taran Fæhn

Steffen Kallbekken

Anne Madslie

Erik Sørensen

Asgeir Tomasgard

Håvard Grothe Lien
(sekretariatsleder til 19. februar 2021)
Sofie Waage Skjeflo
(sekretariatsleder fra 19. februar 2021)
Kine Josefine Aurland-Bredesen
Erik Hernes
Vegard Hole Hirsch
Hans Kolshus
Kristine Korneliussen
Camilla Nore
Linda Skjold Oksnes

1. Innledning

Teknisk beregningsutvalg for klima (TBU klima) ble oppnevnt 15. juni 2018 for en periode på to år. I 2020 ble det besluttet å videreføre utvalget for perioden 23. juni 2020 til 23. juni 2023. Samtidig ble mandatet noe justert og sammensetningen av utvalget endret. Utvalgets mandat er gjengitt i sin helhet i boks 1.

Utvalget ledes av professor Knut Einar Rosendahl (NMBU). Medlemmene i utvalget er professor Mette Helene Bjørndal

(NHH), forskningsleder Taran Fæhn (SSB), forskningsleder Steffen Kallbekken (CICERO), forskningsleder Anne Madslie (TØI), professor Erik Ø. Sørensen (NHH) og professor Asgeir Tomasgard (NTNU). Utvalget bistås av et sekretariat ledet av Miljødirektoratet, med deltakere fra Klima- og miljødepartementet, Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet.

BOKS 1. Mandat fastsatt 23. juni 2020

Utslepp – og dels opptak – av klimagassar er nær knytt til (økonomisk) aktivitet på ein lang rekkje område. Arbeidet for å redusere utslepp og auke opptak kan dermed fordre tiltak innanfor ei rekkje sektorar og samfunnsområde.

Arbeidet i det tekniske berekningsutvalet for klima må sjåast i samanheng med det andre arbeidet med kunnskapsgrunnlaget i klimapolitikken. Tiltaksanalysane vurderer utsleppseffekten og samfunnsøkonomisk kostnad ved ulike typar av utsleppsreduksjonar. Kostnader avheng av kva slags verkemiddel som blir brukte for å utløyse tiltak. For å vurdere kostnader og utsleppsreduksjonar blir brukte ulike metodar og modellar. Som ein del av vedtaksgrunnlaget for klimapolitikken blir det gjort løpande verkemiddelvurderingar av direktorat og departement. Dette arbeidet blir vidareført.

Teknisk berekningsutval skal:

- I tråd med klimalova foreslå metodar for berekningar av klimaeffekt av statsbudsjettet, medrekna metodar for å vurdere verknader på klimagassutslepp av endringar på statsbudsjettet si inntekts- og utgiftsside og, i tillegg, metodar for å vurdere klimaeffekt og kostnader ved verkemiddel som ikkje er på statsbudsjettet.
- Peike på område der det blir vurdert å vere særleg behov for kunnskapsutvikling innanfor tiltaks- og verkemiddelanalysar.
- Gi råd om forbetringar i metodane for tiltaks- og verkemiddelanalysar på klimaområdet.
- Gjere greie for hovudutfordringar ved dagens metodeval og gi innspel om langsiktig modellutvikling til nytte for forvaltninga, samt

korleis arbeidet med å utvikle modellar best kan organiserast. I den samanheng:

- vurdere om dagens modellar for å vurdere kostnader og utsleppseffektar dekkjer behova for analysar på klimaområdet og foreslå utvikling og/eller vidareutvikling av slike modellar.
- vurdere korleis arbeidet med å utvikle modellapparatet til bruk på klimaområdet bør organiserast.
- sjå til modellbruken i nabolanda våre og etablere kontakt med aktuelle modellmiljø.
- vurdere om modellane er eigna til å analysere kostnad og utsleppseffektar ved ulike verkemiddel og klimaeffekt av statsbudsjettet.

Leveransar:

- Utvalet skal kvart år leggje fram ein rapport som fortel om aktiviteten og dei råda utvalet gir. Rapporten bør også innehalde tilrådingar om tema innanfor utvalet sitt arbeidsområde som peikar seg ut som særleg viktig for vidare arbeid.
- Utvalet sine rapportar og bakgrunnsmateriale skal vere tilgjengelege på ei nettside.
- I perioden fram til 2023 skal utvalet konsentrere merksemda om vurdering av modellar i tillegg til å fortsetje arbeidet med metode for å vurdere klimaeffekten av budsjettet.

Utvalet skal ikkje jobbe med klimatilpassing eller det vitenskaplege grunnlaget for global oppvarming.

Klima- og miljødepartementet tek i mot utvalet sine rapportar.

Utvalget har tidligere levert to rapporter. Utvalgets første rapport ble levert i juni 2019 og tar for seg fem hovedområder: utslippsregnskap, utslippsframskrivninger, tiltaksanalyser, virkemiddelanalyser og klimaeffekten av statsbudsjettet (Teknisk beregningsutvalg for klima, 2019). Hovedvekt ble lagt på vurderinger av metode for tiltaksanalyser. I sin andre rapport vurderte utvalget partielle modeller og økonometriske metoder for virkemiddelanalyser (Teknisk beregningsutvalg for klima, 2020). I tillegg ble det vurdert ulike tilnærminger til hvordan bevilgninger på statsbudsjettets inntekts- og utgiftsside kan kategoriseres, som et første skritt i arbeidet med å foreslå metoder for å anslå virkninger på klimagassutslipp av endringer i statsbudsjettet.

Denne rapporten oppsummerer aktiviteten og rådene fra utvalgets tredje periode (juni 2020 til juni 2021). I denne perioden har utvalget jobbet med følgende:

- en rapport om makroøkonomiske modeller (makrorapport)
- videreføring av arbeidet med metoder for beregninger av klimaeffekt av statsbudsjettet
- etablert kontakt med relevante modellmiljøer i Sverige, Danmark og Finland og fått oversikt over makromodellene som brukes til analyse på klimaområdet i disse landene

En makroøkonomisk modell er en forenklet representasjon av hele økonomien til ett eller flere land. Slike modeller er særlig utviklet for å studere politiske virkemidler og inngrep som omfatter flere næringer og sektorer, og til prognoser og framskrivninger. På klimaområdet brukes makroøkonomiske modeller til ulike analyseformål. De brukes i analyser av utslippseffekter, kostnader og andre virkninger av klimapolitikk. Videre brukes de til framskrivninger av utslipp, og til å illustrere ulike scenarier for utslippsutvikling. Makroøkonomiske modeller brukes også til å utrede virkningene av mulige nye mål for klimapolitikken, som blant annet kostnader ved å nå slike mål med ulike virkemidler. Dette er sentrale analyseformål for myndighetene, som har behov for å svare på hvordan Norge kan nå sine klimamål og hva som vil være konsekvensene av klimapolitikken. Formålet med makrorapporten er primært å vurdere makroøkonomiske modeller til bruk i analyse av utslippsendringer og kostnader. Disse vurderingene er også relevante for å vurdere om modellene er egnet til å analysere utslippseffekter av statsbudsjettet, men det gjøres ikke en fullstendig vurdering av modellenes egnethet til dette formålet. Vurderingene er avgrenset til virkemiddelanalyser og mål-middelanalyser, mens det gjenstår å

vurdere makromodeller til framskrivninger av utslipp. Det tas sikte på å publisere makrorapporten tidlig høst 2021, men rapportens sammendrag inngår som kapittel tre i denne årsrapporten.

Utvalget har videreført arbeidet med metoder for beregninger av klimaeffekt av statsbudsjettet. I andre rapport fra TBU klima pekte utvalget på at det vil være nødvendig å kategorisere postene på statsbudsjettet for å kunne foreslå metoder for beregninger av klimaeffekt av budsjettet. Uten en slik kategorisering av poster etter klimaeffekt kan arbeidet med utslippsberegninger bli lite målrettet, krevende og ressursintensivt. Utvalget besluttet at departementene skulle gjennomføre en utprøving av kategorisering av budsjettpostene ut fra om de påvirker utslipp eller opptak av klimagasser, har usikker effekt eller nøytral effekt. Formålet med utprøvingen har vært å avdekke forbedringsmuligheter og om departementenes ressursbruk står i forhold til verdien på informasjonen fra kategoriseringen. Utvalget har fått presentert resultatene fra uttestingen.

Parallelt med arbeidet med uttesting av kategorisering av budsjettposter har utvalget gitt Statistisk Sentralbyrå (SSB) i oppdrag å teste ut bruk av sin makroøkonomiske modell SNOW til å simulere klimaeffekten av et utvalg poster på Klima- og miljødepartementet, Finansdepartementet og Samferdselsdepartementet sine budsjett. Postene som er valgt ut er blant dem som departementene har kategorisert til å ha positiv eller negativ klimaeffekt. Utvalget fikk presentert foreløpige resultater fra prosjektet på utvalgsmøtet 4.juni. Sluttrapporten fra SSB skal være ferdig 1. november 2021.

Utvalget har ikke tatt stilling til om metoden for kategorisering av budsjettposter bør implementeres og hvilke justeringer av metoden som eventuelt bør gjøres. En slik vurdering må ses i sammenheng med resultatene fra uttestingen av SNOW og en helhetlig drøfting av hvor godt metodeapparatet dekker forvaltningens behov for kunnskap i utformingen av klimapolitikken. Dette gjenstår for utvalgets videre arbeid.

Kapittel to i denne årsrapporten beskriver utvalgets aktiviteter fra juni 2020 til juni 2021. Kapittel tre inneholder makrorapportens sammendrag. Kapittel fire redegjør for status for arbeidet med å foreslå metoder for å beregne klimaeffekt av statsbudsjettet, herunder kategoriseringsarbeidet og uttesting av SNOW til å beregne klimaeffekten av poster på statsbudsjettet. I kapittel fem peker utvalget på noen temaer og problemstillinger som gjenstår for videre arbeid.

2. Utvalgets aktiviteter siden forrige rapport

2.1 Møter og presentasjoner

Utvalget har i perioden fra juni 2020 til juni 2021 hatt til sammen syv utvalgsmøter, tre møter høsten 2020 og fire i løpet av vinteren og våren 2021, samt et seminar om skandinaviske makroøkonomiske modeller høsten 2020. Med unntak av to møter høsten 2020, har alle møtene vært digitale.

Arbeidet med makroøkonomiske modeller har vært viktig i perioden. På utvalgsmøtet 3. november 2020 presenterte Taran Fæhn, forskningsleder i Statistisk Sentralbyrå (SSB), den generelle likevektsmodellen SNOW-NO (Statistics Norway's World Model – Norway) som er utviklet for langsiktige analyser av utslippsutvikling, miljø- og klimapolitikk i Norge. SNOW er nærmere omtalt i kapittel tre i denne rapporten. På samme møte presenterte Ådne Cappelen, forsker i SSB, den makroøkonometriske modellen KVARTS. Modellen er særlig utarbeidet for konjunkturanalyser, prognoser og politikkanalyser av produksjon og sysselsetting i norsk økonomi på kort og mellomlang sikt. Yngvar Dyvi, fagsjef i Finansdepartementet, holdt et innlegg om hvordan KVARTS brukes av Finansdepartementet til å anslå statsbudsjettets effekt på økonomien.

På utvalgsmøtet 23. mars 2021 ble blant annet utvikling og organisering av modeller diskutert. Kristine Høegh-Omdal og Erlend M. Kravik, henholdsvis avdelingsdirektør og utredningsleder i økonomiavdelingen i Finansdepartementet, presenterte arbeidet med utviklingen av den nye DSGE-modellen NORA (NORwegian fiscal policy Analysis model). NORA er utviklet for å analysere hvordan finanspolitikken påvirker sentrale makroøkonomiske størrelser på mellomlang sikt. Formålet med presentasjonen var å lære av Finansdepartementets erfaringer med modellutviklingen. Videre holdt Mikkel Sørensen, leder ved Senter for systemanalyse i Energistyrelsen, en presentasjon om modellene de bruker og bruk av informasjon om kostnader for eksisterende og mulige framtidige teknologier som oppfølging etter seminaret om skandinaviske makromodeller, jamfør omtalen i neste delkapittel.

2.2 Seminar om skandinaviske makromodeller

Utvalget organiserte 26. november 2020 et digitalt seminar om makromodeller som brukes til analyse av utslippseffekter og klimapolitikk i Skandinavia. Formålet med seminaret var å:

- i) øke kunnskapen om de makroøkonomiske modellene som brukes i de skandinaviske landene
- ii) dele erfaringer og diskutere utfordringer og forbedringsmuligheter

På seminaret deltok representanter fra SSB i Norge, Konjunkturinstitutet i Sverige og Energistyrelsen og DREAM i Danmark. Konjunkturinstitutet er en fagetat under Finansdepartementet i Sverige med ansvar for å følge med på og analysere den økonomiske utviklingen i Sverige og i omverdenen, og bistå med miljøøkonomiske analyser. Energistyrelsen er en fagetat under Klima-, energi- og forsyningsministeriet i Danmark, mens DREAM er en dansk, uavhengig forskningsinstitusjon, som har som hovedoppgave å utarbeide langsiktige økonomiske analyser for myndighetene og andre aktører i samfunnet.

Taran Fæhn, forskningsleder i SSB, presenterte SSBs modell SNOW. Vincent Otto og David von Below, forskere ved Konjunkturinstitutet, presenterte EMEC (Environmental Medium Term Economic Model), som er en generell likevektsmodell for svensk økonomi. EMEC brukes blant annet til å utarbeide framskrivninger og analyser på klima- og miljøfeltet for forvaltningen i Sverige. I tillegg kan modellen brukes til å analysere strukturelle endringer i økonomien og fordelingseffektene av miljøpolitikken.

Kristoffer Steen Andersen, spesialrådgiver i Energistyrelsen, presenterte modellen IntERACT (Integrated Economic eneRgy Applied Computational Tool) som er en hybridmodell bestående av en generell likevektsmodell koblet til energisystemmodellen TIMES-DK. Energistyrelsen bruker IntERACT til analyser som bidrar til beslutningsgrunnlaget i klima- og energipolitikken i Danmark.

Jens Sand Kirk, prosjektleder for GreenREFORM i DREAM, presenterte GreenREFORM, som er et integrert modellsystem bestående av en generell likevektsmodell og fem sektormodeller for dansk økonomi (energi, transport, jordbruk, avfall og areal- og skogbruk (LULUCF)). Modellen utvikles av DREAM i samarbeid med Universitet i Århus og Universitetet i København. Målet er å utvikle en modell som kan brukes til å vurdere klimaeffekten av den økonomiske politikken og de samfunnsøkonomiske kostnadene av energi-, klima- og miljøpolitikken. Modellen skal etter planen være klar til bruk i forvaltningen og andre interesserte høsten 2021.

Seminalet gav utvalget økt kunnskap om modellene som brukes til analyse av utslippseffekter og klimapolitikk i Skandinavia, hva de ulike modellmiljøene ser

som hovedutfordringer ved modellene og hva de har av videreutviklingsplaner. Modellene skiller seg fra hverandre både når det gjelder omfang, løsninger og hvilke problemstillinger de er egnet til å analysere. Blant annet kom det fram at de danske modellene er svært teknologirike og drar nytte av informasjon fra de danske teknologikatalogene. Det ble påpekt at ambisjonsnivået for modellene og hvilke løsninger som velges, må sees i sammenheng med organisering og ressurser tilgjengelig til utvikling og drift av denne typen modeller. Seminalet bidro til å knytte kontakt mellom de skandinaviske modellmiljøene. I tillegg til presentasjonene, har Konjunkturinstituttet, DREAM og Energistyrelsen bidratt med ytterligere informasjon om modellene til utvalgets rapport om makroøkonomiske modeller.

3. Sammendrag fra rapporten om makromodeller

Utvalget tar sikte på å publisere makrorapporten tidlig høst 2021, men rapportens sammendrag er gjengitt i dette kapitlet.

3.1 Innledning

En makroøkonomisk modell er en forenklet representasjon av hele økonomien til ett eller flere land. Makromodeller er særlig utviklet for å studere endringer som omfatter flere næringer og sektorer, og til prognoser og framskrivninger. Til sammenligning vil partielle modeller ikke kunne fange opp virkninger utenom de avgrensede næringene som studeres, slik som virkninger på og via andre næringer, for eksempel at priser og inntekt i andre næringer påvirkes. Samtidig har makroøkonomiske modeller som regel mindre detaljert spesifisering av ulike teknologier og mer aggregerte næringer enn partielle modeller.

På klimaområdet brukes makroøkonomiske modeller blant annet i utslippsframskrivninger, i utredninger av mål for klimapolitikken og i analyser av utslippseffekter, kostnader og andre virkninger av klimapolitikk (heretter kalt «klima-analyser»). Dette er sentrale analyseformål for myndighetene, som har behov for kunnskap om hvordan Norge kan nå sine klimamål og hva som vil være konsekvensene av klimapolitikken.

Teknisk beregningsutvalg for klima skal, i henhold til mandatet, vurdere om dagens modeller for å vurdere kostnader og utslippseffekter dekker behovene for analyser på klimaområdet, og foreslå utvikling og/eller videreutvikling av slike modeller. I tillegg skal utvalget vurdere om modellene er egnet til å analysere klimaeffekt av statsbudsjettet. Utvalgets tidligere rapporter har vurdert tiltaksanalyser, økonometriske metoder og partielle modeller, og har presentert forslag til kategorisering av budsjettposter som et steg mot å beregne utslippseffekter av statsbudsjettet. Formålet med makrorapporten er primært å vurdere makroøkonomiske modeller til bruk i klimaanalyser. Dette inkluderer å vurdere om modellene er egnet til å analysere utslippseffekter av statsbudsjettet, men det gjøres ikke en fullstendig vurdering av modellenes egnethet til dette formålet. Utvalgets videre arbeid med å foreslå metoder

for beregning av klimaeffekt av statsbudsjettet er omtalt i kapittel fire i denne årsrapporten.

Kapittel to i makrorapporten gir en oversikt over ulike typer makroøkonomiske modeller. Kapittel tre presenterer forvaltningens behov for analyser på klimaområdet, og legger fram kriterier for at modeller skal være egnet til å svare på disse analyseformålene. I kapittel fire beskrives og vurderes seks norske makroøkonomiske modeller, mens kapittel fem beskriver spesielt relevante modeller fra andre land, først og fremst i våre naboland. I kapittel seks gis det en samlet vurdering av de seks norske makromodellenes egnethet til å svare på forvaltningens analysebehov. De makroøkonomiske modellene vurderes her kun basert på kriteriene for egnethet for makroøkonomiske klimaanalyser. Neste skritt vil være å gjøre en samlet vurdering av metodeapparatet på klimaområdet for å kunne gi anbefalinger om videreutvikling av konkrete modeller og metodeapparatet som helhet.

Dette sammendraget følger strukturen i makrorapporten.

3.2 Oversikt over makroøkonomiske modeller

Det kan skiller mellom to hovedtyper av makroøkonomiske modeller, selv om skillet mellom de to ikke alltid er like tydelig. Den ene er **generelle likevektsmodeller**. Med generell likevekt menes at markedsmekanismene i modellen sørger for å balansere tilbud og etterspørsel for hele økonomien i det geografiske området som modelleres. En type generelle likevektsmodeller som er mye brukt til framskrivninger av utslipp og klimapolitiske analyser, er **numeriske generelle likevektsmodeller** eller **computable general equilibrium models (CGE-modeller)**. En annen gruppe generelle likevektsmodeller, **dynamisk-stokastiske generelle likevektsmodeller (DSGE)**, er utviklet for å studere økonomisk vekst og konjunkturer. DSGE-modellene åpner for tilfeldig variasjon/stokastikk i de eksogene variablene som inngår. Den andre hovedtypen makromodeller er **makroøkonometriske modeller**. Sammenlignet med CGE-modellene er atferdssammenhengene i disse modellene i større grad forankret i empiriske data, enn i

økonomisk teori. **Hybridmodeller** kombinerer egenskaper ved, kobler eller integrerer ulike modeller. Selv om ikke alle modelltypene som er beskrevet brukes til analyser som er relevante for klimagassutslipp i dag, kan det være egenskaper ved disse som er nyttige for videreutviklingen av modellapparatet.

Modelltypene som omtales i makrorapporten er illustrert i figur 1.

3.2.1 Numeriske generelle likevektsmodeller (CGE-modeller)

CGE-modeller tar hensyn til samspill mellom ulike næringer, agenter og markeder i økonomien. De kan derfor kaste lys over den samlede økonomiske virkningen av ulike politikk, og belyse indirekte eller utilsiktede effekter. Den grunnleggende antakelsen om at økonomien er i likevekt, medfører at CGE-modeller er best egnet til analyser på lang sikt. Siden 1990-tallet har CGE-modeller blitt mye brukt til analyser av klimapolitikk. Modellene kan i stor grad tilpasses ulike problemstillinger og analysebehov, men er basert på noen grunnleggende fellestrekk.

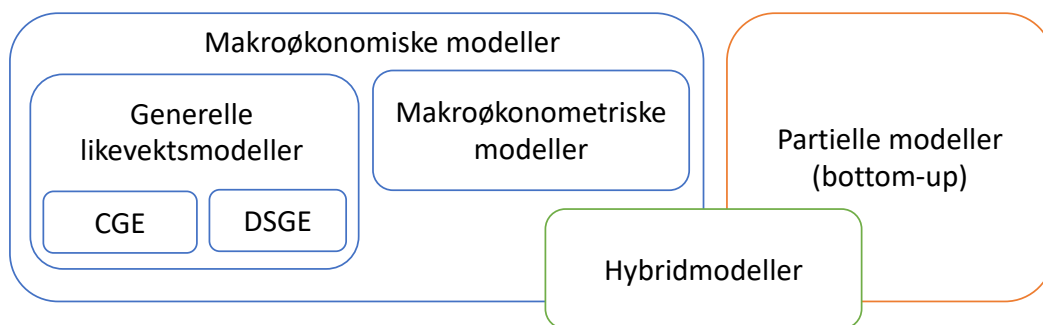
Oppbygging og teoretisk grunnlag

Sammenhengen mellom markedene i CGE-modeller er beskrevet ved kryssløpet i økonomien, det vil si bruk av innsatsfaktorer og varer i næringer og anvendelser av varer og tjenester til sluttforbruk og til eksport. Både tilbud, etterspørsel og relative priser på varer og tjenester er endogent modellert, mens verdensmarkedspriser er eksogene i nasjonale modeller. Dersom prisen på en vare eller tjeneste endres, vil det påvirke prisene på andre varer og tjenester. Etterspørsel og tilbud justeres slik at økonomien er i likevekt igjen. Det er vanligvis en forutsetning at samfunnets ressurser, som arbeidskraft og kapital, er fullt utnyttet og begrenset.

Aktørene i modellen består av nyttemaksimerende representative husholdninger, og en profittmaksimerende bedrift i hver næring. I mange CGE-modeller representeres både produsentenes produksjonsteknologi og konsumentenes nytte ved hjelp av såkalte CES-funksjoner (CES: Constant Elasticity of Substitution). Disse funksjonene karakteriseres ved at de har konstante substitusjonselastisiteter, og gir en abstrakt framstilling av hvordan innsatsfaktorer (arbeidskraft, kapital og naturressurser) og innsatsvarer fra andre næringer kombineres for å produsere en gitt vare eller tjeneste. Dette betyr at CGE-modeller vanligvis ikke modellerer konkrete teknologier, som for eksempel batteriteknologi eller CO₂-håndtering. Teknologiene representeres ved ulike kombinasjoner av modellens innsatsfaktorer, og endringer i sammensetningen kan til dels tolkes som endring i teknologi. Som regel antas det frikonkurransemarkeder.

Datagrunnlaget for CGE-modeller består som regel av en kryssløpstabell for et basisår, som modellen kalibreres til, og et sett med eksogene parametere, og eventuelt andre datakilder for å koble aktiviteter i modellen til utslipp, modellere inntektsulikhet eller regionstruktur osv. Substitusjonselastisitetene i CES-funksjonene er sentrale parametere. De kan tallfestes ved hjelp av økonometriske studier eller ekspertvurderinger. Modellen tar utgangspunkt i hvordan økonomien ser ut i basisåret, og det kan ikke vokse fram nye aktiviteter eller teknologier med mindre dette legges inn spesifikt. Når CGE-modeller brukes i framskrivinger må det i tillegg legges til grunn antakelser om blant annet befolkningsvekst og teknologiutvikling.

CGE-modeller kan beskrive hele den globale økonomien, den nasjonale økonomien, eller ha en regional inndeling av den nasjonale økonomien. Sistnevnte modeller omtales ofte som Spatial Computable General Equilibrium Models (SCGE-modeller). Modellene kan være statiske, dynamisk-rekursive (det vil si løses periode for periode) eller intertemporalt dynamiske. Statiske modeller kan ikke



Figur 1. Oversikt over modelltyper som omtales i makrorapporten

si noe om veien fra en likevekt til en annen. Dynamisk-rekursive modeller løses som en serie statiske modeller som bindes sammen av kapitalutviklingen fra en periode til neste. I denne typen modeller tar aktørene beslutninger basert på at de økonomiske forholdene vil være uendret i framtiden, og er dermed myopiske (nærsynte). I intertemporalt dynamiske CGE-modeller optimerer aktørene over flere perioder basert på sine forventninger om framtiden. Det kan antas at alle aktørene har full innsikt i framtiden, eller en kombinasjon av myopiske aktører og aktører med perfekt framsyn.

Modellering av utslipp og utslippsreduksjonsmuligheter

I modeller som brukes i analyser av klimagassutslipp inkluderes CO₂-utslipp fra bruk av fossile energivarer, mens utslipp fra ikke-energi-relaterte prosesser (prosess-utslipp fra industri og utslipp fra arealbruksendringer) er mindre vanlig å inkludere. Noen modeller inkluderer også andre klimagasser, og i noen tilfeller utslipp av annen luftforurensing. Aktørene kan redusere sine utslipp gjennom aktivitetstilpasning, teknologitilpasning eller begge deler. Aktivitetstilpasning skjer ved at aktørene reduserer produksjon eller forbruk for en gitt teknologi. Teknologitilpasning modelleres som regel som endringer i sammensetningen av innsatsfaktorer, og substitusjonsmulighetene bestemmes av substitusjonselastisitetene. Den nye sammensetningen presenterer da nytt valg av teknologi uten å spesifisere hvilken teknologi som benyttes. Alternativt kan modellen inneholde konkrete teknologivalg, for eksempel ved at aktørene har mulighet til å investere i en elbil i stedet for en fossilbil. For prosessutslipp er utslippene som regel direkte knyttet til produksjonsnivået. For å få med flere konkrete teknologivalg og utvikling i framtidige teknologimuligheter, kan en CGE-modell integrere informasjon fra detaljstudier av enkeltteknologier og enkeltprosesser og/eller koble modellen til teknologirike partielle modeller.

Siden CGE-modellene modellerer alle aktørenes tilpasninger i økonomien, kan man beregne **samfunnsøkonomiske velferdseffekter** knyttet til virkemidler eller mål om utslippsreduksjoner. Velferdsberegningen vil fange opp effekter av at nye eller endrede virkemidler samspiller med eksisterende offentlige markedsinngrep og eventuelle markedsimperfeksjoner som inngår i modellen, men vil overse betydningen av markedsimperfeksjoner som ikke er modellert. CGE-modeller varierer når det gjelder i hvilken grad de tar innover seg tilpasningskostnader, som også påvirker de samfunnsøkonomiske kostnadene knyttet til klimapolitikk.

3.2.2 Dynamisk-stokastiske generelle likevektsmodeller (DSGE-modeller)

DSGE-modeller er særlig brukt til makroøkonomiske framskrivinger i sentralbanker og analyser av pengepolitikk. Den primære forskjellen mellom CGE og DSGE-modeller ligger i at DSGE-modellene er intertemporalt dynamiske og modellerer tilfeldig variasjon som aktørene forholder seg til. Tidsdynamikken er egnet til å gi kunnskap om kortsiktige virkninger, sammenlignet med en modell som løses for hver periode og som dermed forenkler det dynamiske forløpet i økonomien. I motsetning til mange CGE-modeller og makroøkonometriske modeller, kan en DSGE-modell ta innover seg at aktørenes atferd kan påvirkes av forventninger om framtiden. Intertemporal optimering og stokastikk gir økt kompleksitet, og DSGE-modeller har derfor ofte en mer aggregert struktur enn de andre modelltypene. For å studere klimaspørsmål vil det normalt være viktig med detaljert modellering av produksjonsprosesser og substitusjonsmuligheter i de ulike sektorene som genererer utslipp. CGE-modeller er typisk mer detaljerte i form av heterogenitet (i næring, produksjon, land, osv.), men DSGE-modellene beveger seg også i den retningen (Hassler og Krusell, 2018). Hittil er DSGE-modeller i mindre grad enn CGE-modeller brukt i analyser av klimapolitikk, og så vidt vi kjenner til er det ingen eksempler på bruk av DSGE-modeller på klimaområdet i Norge.

3.2.3 Makroøkonometriske modeller

Makroøkonometriske modeller er en vanlig modelltype i finansdepartement og brukes ofte til konjunkturanalyser, prognoser og politikkanalyser på kort og mellomlang sikt. Tidsserier av kvartalsdata eller årlige data brukes gjerne til å estimere atferdssammenhengene i modellene. De makroøkonometriske modellene antar som regel ikke optimerende atferd og full ressursutnyttelse i økonomien. I likhet med DSGE-modeller brukes denne modelltypen i mindre grad enn CGE-modeller til analyser av klimapolitikk og utslippseffekter. Makroøkonometriske modeller kan være velegnet for kortsiktige analyser. Ønsker man å legge inn egenskaper basert på økonomisk teori og antakelser om langsiktig likevekt, kan det legges inn restriksjoner på dette i estimeringen av relasjonene. Da vil den langsiktige løsningen kunne reflektere likevekt, mens den kortsiktige tilpasningen ved sjokk eller forstyrrelser i økonomien bestemmes av data og representerer tregheter i økonomien.

3.2.4 Hybridmodeller

I nasjonale hybridmodeller kombineres partielle (bottom-up) modeller og makroøkonomiske modeller. Ved å kombinere teknologirike partielle modeller og makroøkonomiske modeller kan man oppnå en detaljert beskrivelse av både teknologiske forhold og økonomiske virkninger på tvers av sektorer i økonomien. Dette kan gjøres på flere måter, der graden av integrering varierer. En første mulighet er å innarbeide bottom-up teknologiinformasjon i den makroøkonomiske modellen. En annen mulighet er å koble makroøkonomiske modeller til partielle modeller, automatisk eller manuelt. Det finnes flere eksempler på koblede energisystemmodeller og CGE-modeller. En tredje variant av hybridmodeller innebærer å integrere modellene fullt ut, som i praksis vil si at likningene i den ene modellen legges inn i den andre.

3.2.5 Modeller som vurderes i rapporten

I makrorapporten beskrives og vurderes seks norske makroøkonomiske modeller: Fire CGE-modeller, én DSGE-modell og én makroøkonometrisk modell. SNOW-NO er en dynamisk-rekursiv CGE-modell for Norge, mens GRACE-Nor er en dynamisk-rekursiv global CGE-modell med Norge som egen region. NOREG og REMES er begge dynamisk-rekursive SCGE-modeller med regional oppløsning. NORA er en DSGE-modell, mens KVARTS er en kvartalsvis makroøkonometrisk modell.

3.3 Kriterier for å vurdere makromodeller for klimaanalyser

I forkant av vurderingen av de norske makromodellene har utvalget utarbeidet sentrale vurderingskriterier i lys av forvaltningens behov for analyser på klimafeltet. I makrorapporten vurderes kun makromodeller. Utvalget har i tidligere rapporter vurdert partielle modeller og andre metoder. Hvilke modeller/metoder som egner seg best vil avhenge av analyseformålet, og er noe utvalget vil arbeide videre med.

Forvaltningens behov for klimaanalyser som makromodeller kan være egnet til å dekke, kan sies å være tredelt: i) analyser av ulike virkemidler og utslippskilder, ii) utslippsframskrivinger, og iii) utslippseffekt av statsbudsjettet. Det er særskilte behov knyttet til henholdsvis langsiktige og

kortsiktige analyser, samt behov for transparente og anvendelige metoder egnet som grunnlag for politikktutvikling.

Når det gjelder analyser av ulike virkemidler og utslippskilder, har forvaltningen særskilt behov for makromodeller til å analysere effekter på utslipp, kostnader og fordelings-effekter av sektorovergripende virkemidler som CO₂-avgift og kvotesystemet, men også samspillet mellom disse og sektorspesifikke virkemidler. Det må tas hensyn til at norsk klimapolitikk er tett knyttet til EUs klimapolitikk med inndeling i kvotepliktig og ikke-kvotepliktig utslipp, samt utslipp og opptak i skog og arealer. Modellapparatet må derfor kunne skille mellom disse utslippskildene. I ikke-kvotepliktig sektor er transport og jordbruk spesielt viktige sektorer.

Norge har flere rapporteringsforpliktelser på klimaområdet, for eksempel framskrivninger av utslipp og opptak av klimagasser. Her er det også behov for å skille mellom utslippskilder på samme måte som nevnt over. Framskrivningene beskriver utviklingen gitt eksisterende politikk og virkemidler, og må ses i sammenheng med den overordnede økonomiske utviklingen. Utslippsframskrivingene benyttes også som referansebane når nye mål skal utredes, eller ved analyse av nye virkemidler.

Ifølge klimaloven skal regjeringen redegjøre for klimaeffekten av framlagt statsbudsjett. Så langt har det hovedsakelig blitt gitt kvalitative vurderinger av utvalgte bevilgninger, mens målet er å kunne gi kvantitative anslag. Det er derfor behov for å vurdere hvor egnet makromodeller kan være til å anslå utslippseffekten av statsbudsjettet.

For langsiktige analyser er det særlig behov for kunnskap om hvordan eksisterende og planlagte virkemidler påvirker økonomien og utslipp over tid, for eksempel knyttet til nye mål og forpliktelser i klimapolitikken. I slike analyser er det særlig viktig å fange opp effekten av forventet teknologiutvikling og konsekvenser av usikkerhet og aktørens forventninger. For kortsiktige analyser fram til 2030 står EU-regelverket med årlige utslippsbudsjett for ikke-kvotepliktig sektor sentralt, som innebærer at det er behov for kunnskap om utslippseffekter av virkemiddelbruken på kort sikt, herunder kunnskap om hvordan omstillingskostnader, kapasitetsutnyttelse og tregheter i atferd påvirker utslipp fra år til år. Transparente og anvendelige modeller og analyser er viktig, slik at resultatene fra modellene kan bidra til å forklare årsakssammenhenger og styrke beslutningsgrunnlaget for forvaltning og politikk.

Nedenfor følger en liste over hva som anses å være sentrale mekanismer og egenskaper for makromodeller

som skal dekke analyseformålene beskrevet over. Ulike analyseformål stiller ulike krav til hvilke egenskaper en modell/metode bør ha for å gi nyttige resultater, men overordnet er det viktig at de er egnet til å forstå sammenhenger i hele økonomien og fanger opp sentrale mekanismer.

A. Grunnleggende egenskaper

- Modellering av vesentlige utslipp og opptak av klimagasser, samt utslippkilder, på et tilstrekkelig detaljert nivå, basert på en vurdering av dekningsgrad etter EUs pilarer for utslipp og opptak.
- God beskrivelse av husholdningenes og bedriftenes atferd og hvordan økonomien virker, basert på en vurdering av hvorvidt modellen i) fanger opp interaksjoner mellom sektorer og husholdninger, ii) har mulighet for disaggregert representasjon av enkeltsektorer av spesiell interesse, iii) fanger opp interaksjon med utlandet, iv) representerer substitusjonsmuligheter og andre aktivitetsendringer som påvirker utslipp, v) fanger betydningen av aktørens forventningsdannelse og vi) har god kvalitet på datagrunnlaget og parameterverdier.
- God representasjon av relevante og vesentlige virkemidler i klimapolitikken.

B. Spesielt for analyser på kort sikt

- i) Fanger opp tregheter og tilpasningskostnader, ii) fanger opp konjunkturer og iii) gjør det mulig å se på årlige utslippseffekter av virkemidler.

C. Spesielt for analyser på lengre sikt

- i) Fanger opp strukturelle endringer i økonomien og forventet teknologiutvikling, ii) gjør det mulig å analysere betydningen av usikkerhet og iii) fanger opp overordnede utviklingstrekk og drivkrefter knyttet til atferd og utslipp.

D. Spesielt for analyser av kostnader og andre konsekvenser av virkemiddelbruk

- i) Har et egnet velferds mål, ii) modellerer offentlige markedsinngrep/virkemidler som kan samspille med virkemiddelbruken, iii) representerer markedsimperfeksjoner som kan samspille med virkemiddelbruken og iv) har representasjon av heterogene husholdninger og bedrifter.

E. Spesielt for analyse av utslippseffekten av statsbudsjettet

- i) Kan fange opp utslippseffekt av poster og virkemidler i statsbudsjettet og ii) har god representasjon av offentlige budsjettets påvirkning på økonomien.

F. Dokumentasjon og anvendelighet

- i) Har god dokumentasjon av forutsetninger, modellinnretning og parametere, ii) fleksibel struktur, slik at modellen lett kan tilpasses problemstilling (aggregering, virkemidler, tidshorisont, forutsetninger) og iii) kan vedlikeholdes/oppdateres på en overkommelig måte.

3.4 Makromodeller i Norge

Utvalget beskriver og vurderer seks norske, makroøkonomiske modeller i makrorapporten: SNOW, GRACE-Nor, NOREG, REMES, NORA og KVARTS. Omfanget av beskrivelsen av de ulike modellene avhenger av hvor velegnet modellen er for klimaanalyser i dag, men også potensialet for utvidelse og bruk av modellen til dette formålet. Det siste avhenger både av egenskaper ved modellen og organisering av modellarbeidet. Vurderingene tar utgangspunkt i kriteriene nevnt over. Det er mer enn ti fagmiljøer i Norge som utvikler og bruker makroøkonomiske modeller til ulike formål. Miljøene som er involvert i de seks modellene som vurderes spesielt i makrorapporten består av forskningsinstitusjoner, universiteter, konsulentselskaper og departementer.

3.4.1 SNOW (Statistics Norway's World model)

SNOW er en "familie" CGE-modeller med lignende struktur og kjerne, utviklet av Statistisk sentralbyrå (SSB) for langsiktige studier av miljø- og klimapolitikk og utslipps-

utvikling. SNOW-NO er en dynamisk-rekursiv modell for Norge og brukes blant annet av Finansdepartementet til framskrivninger av utslipp av klimagasser. SNOW DYNamic er en intertemporalt dynamisk variant med framover-skuede atferd, som er under utvikling, mens SNOW GLObal er en global modell der Norge håndteres som én av flere regioner. Omtalen under konsentrerer seg i hovedsak om SNOW-NO.

SNOW inkluderer tre typer aktører: Bedrifter, offentlig sektor og husholdninger. Modellen er relativt disaggregert med 46 næringer, der hver næring består av én representativ, profittmaksimerende bedrift som produserer én vare. Næringsinndelingen er gjort med tanke på å fange opp forskjeller i energibruk, utslippsintensitet, politikk og utslippsreduksjonsmuligheter. Bedriftene bruker realkapital, arbeidskraft, naturressurser og innsatsvarer produsert av andre næringer/utlandet i sin produksjon. Innsatsvarer omfatter energivarer, og det skilles mellom kull, olje, gass og elektrisitet. Realkapital består av tre kapitaltyper (bygg og anlegg, maskiner og utstyr, transportmidler). Produksjonen i bedriftene har konstant skalautbytte. Innsatsfaktorene er til en viss grad substituerbare, spesifisert via konstante substitusjonselastisiteter (CES). Totale investeringer er bestemt av sparingen til husholdningen og skjer i de kapitaltypene og bedriftene som gir høyest avkastning. Realkapital og arbeidskraft antas å være mobil mellom sektorer.

Det skilles mellom konsum i stats- og kommuneforvaltningen, og produksjon i offentlig sektor er fordelt på fire næringer. Offentlig produksjon, konsum og investeringer er eksogent bestemt. Husholdningene er modellert ved én representativ husholdning, med nytte beskrevet ved en CES-funksjon. Husholdningens tilbud av arbeid er stigende i reallønna etter skatt. Konsumet tar utgangspunkt i sammensetningen i basisåret, men påvirkes av endringer i relative priser. I SNOW-NO er økonomien liten og åpen, med substitusjon mellom importerte og hjemmeproduserte varianter (bestemt av såkalte Armington-elastisiteter), og mellom eksport og salg til hjemmemarkedet. Verdensmarkedspriser er eksogent gitt.

Modellens produksjons- og konsumaktiviteter er tilknyttet utslippskoeffisienter for klimagasser og andre utslipp til luft. Bedriftene kan redusere utslipp ved å endre sammensetning av innsatsfaktorene i produksjonen eller ved å redusere produksjonsvolumet. Prosessrelaterte utslipp, utslipp fra petroleumsproduksjon, metanutslipp fra avfallsdeponier og metan- og lystgassutslipp i jordbruket, kan kun reduseres ved å kutte i produksjonen. Utslipp og opptak innen areal- og skogbruk (LULUCF) er ikke inkludert. Substitusjon mellom varer og tjenester i husholdningene

vil også påvirke utslippene. Innen privat transport skilles det mellom gamle og nye biler, og mellom elektriske og konvensjonelle. I noen modellanalyser har man erstattet CES-funksjoner med marginalkostnadskurver basert på informasjon fra tiltaksanalyser om potensielle utslippsreduksjoner innen prosessindustrien og petroleumssektoren. Teknologisk utvikling er gitt eksogent.

SNOW kan analysere mange typer virkemidler, først og fremst økonomiske virkemidler, men også enkelte direkte reguleringer. Velferden representeres ved neddiskontert nytte til den representative husholdningen. Interaksjoner med eksisterende skatter og avgifter påvirker samfunnsøkonomiske kostnader av klimapolitikken. Det er ingen tilpasningskostnader eller eksterne virkninger i modellen. Modellen kan ikke si noe om fordelingseffekter mellom husholdninger alene, men SSB har utviklet en mikrosimuleringsmodell med heterogene husholdninger som kan kobles på. Modellen kalibreres basert på data fra nasjonalregnskapet og utslippsregnskapet for et bestemt basisår, som for tiden er 2018. Elastisiteter i modellen er skjønnsmessig bestemt basert på empiriske studier og ekspertvurderinger. Substitusjonselastisitetene er satt likt på tvers av næringer.

Utvalgets vurdering er at SNOW inkluderer vesentlige utslippskilder på et rimelig detaljert nivå. Den inkluderer alle relevante klimagasser, og dekker to av de tre pilarene i EUs rammeverk: kvotepliktig og ikke-kvotepliktig utslipp (men ikke LULUCF). Modellen har et grovt, men ikke perfekt, skille mellom disse utslippene. SNOW har en detaljert sektorinndeling og detaljert beskrivelse av produksjons- og konsumstrukturer. Inndelingen i sektorer og innsatsfaktorer er stort sett hensiktsmessig for klimaanalyser. Modellen fanger godt opp interaksjoner mellom sektorer. SNOW-NO modellerer en liten åpen økonomi og legger til grunn at endringer i Norge ikke påvirker utlandet, mens varianten SNOW-GLObal også behandler atferd i utlandet endogent.

Modellering av utslippsreduksjoner skjer hovedsakelig gjennom redusert aktivitet og ved substitusjon mellom produksjonsfaktorer/konsumgoder. På den ene siden gjør dette det vanskelig å tolke hvilke løsninger som er implementert, og hvor realistiske disse er. På den andre siden innebærer dette at aktørene i modellen ikke er begrenset til de spesifikke løsningene som modellbrukeren legger inn. Det har tidligere vært gjort studier som modellerer eksplisitte teknologivalg i enkelte næringer. Utvalget mener at det vil være formålstjenlig å vurdere en bedre representasjon av enkelte utslippskilder som avfall, fjernvarmeproduksjon og ulike prosessutslipp, samt en finere inndeling av enkelte næringer, i første rekke jordbruket. Det siste er imidlertid vanskelig gitt inndelingen i nasjonalregnskapet.

Siden SNOW-NO er en dynamisk-rekursiv modell, tar aktørene ikke innover seg endringer i framtidig politikk eller andre forhold. Modellvarianten SNOW-DYN antar derimot at aktørene perfekt forutser og forholder seg rasjonelt til framtidige endringer. Begge disse antakelsene er ytterpunkter. Substitusjonselastisitetene i modellen, som er svært sentrale for effektene av virkemidler, er bare delvis basert på (til dels gamle) empiriske studier. SNOW har en god representasjon av relevante og vesentlige virkemidler i klimapolitikken. Det gjelder spesielt økonomiske virkemidler og enkelte direkte reguleringer, men ikke støtte til teknologiutvikling eller informasjonstiltak.

SNOW inkluderer ikke tregheter i priser og tilpasning eller konjunkturer. Den er derfor ikke særlig egnet til analyser på kort sikt eller analyser av akkumulerte endringer for de nærmeste årene. Modellen antar full kapital- og arbeidsmobilitet og fanger derfor ikke opp effektene av at det tar tid før ledige ressurser får en alternativ anvendelse. Unntaket er private investeringer i kjøretøy, der eldre årganger forblir i flåten til de skraper. Modellen er derimot godt egnet for analyser på lang sikt, når aktørene har fått tid til å tilpasse seg. Den detaljerte modelleringen av næringer og innsatsfaktorer gjør at modellen fanger opp mange viktige tilpasninger og interaksjoner i økonomien, samtidig som modellen har visse mangler som påpekt over. Langsiktige analyser avhenger også i stor grad av hvilke antakelser man gjør om framtida, for eksempel knyttet til teknologiutvikling. Det er ikke mulig å analysere betydningen av usikkerhet annet enn ved følsomhetsanalyser og robusthetsanalyser for ulike framtidsscenarioer.

SNOW har et konsistent mål på de samfunnsøkonomiske kostnadene og fanger opp interaksjon mellom eksisterende og nye/endrede virkemidler. Den inkluderer ikke relevante markedsimperfeksjoner, som asymmetrisk informasjon, markedsrett og eksterne virkninger knyttet til teknologiutvikling og lokal luftforurensning. Ved å koble modellen til en mikrosimuleringsmodul kan fordelings effekter studeres. For analyser av statsbudsjettet er det en fordel at modellen er forholdsvis disaggregert og inkluderer en rekke skatter og avgifter. Modellen er i all hovedsak basert på nasjonalregnskapsdata, noe som gjør det enkelt å oppdatere datagrunnlaget og mulig å endre aggregeringsnivå. På den andre siden mangler det en samlet, oppdatert modelldokumentasjon som inkluderer alle versjoner av SNOW, og det foreligger få publiserte studier på modellen, slik at mange av sammenhengene mellom antakelser og resultater i modellen ikke er godt belyst og forklart ved hjelp av mer detaljerte analyser. Dette gjelder ikke bare for SNOW, men også for de øvrige modellene, og henger sammen med at det er ressurskrevende å gjøre dette systematisk og grundig.

Oppsummert har SNOW en rekke egenskaper som er nyttige for analyser av utslippseffekter og kostnader på lang sikt, og den er godt egnet for videreutvikling og eventuell kobling til sektormodeller.

3.4.2 GRACE-Nor (Global Responses to Anthropogenic Changes in the Environment-Norway)

GRACE er en global, dynamisk-rekursiv CGE-modell utviklet av CICERO – Senter for klimaforskning for å undersøke økonomiske konsekvenser av klimapolitikk og effekter av klimaendringer på den globale økonomien. Det er nylig utarbeidet en versjon som fokuserer på norsk økonomi, GRACE-Nor.

GRACE-Nor inkluderer to typer aktører: Bedrifter og husholdninger (som inkluderer offentlig sektor). Modellen er for tiden inndelt i 15 næringer, men kan enkelt disaggregeres ytterligere. På samme måte som i SNOW bruker bedriftene realkapital, arbeidskraft, naturressurser og innsatsvarer produsert av andre næringer i sin produksjon, og for energivarer skilles det mellom kull, olje, gass og elektrisitet. Produksjonsstrukturen er også forholdsvis lik som i SNOW, med konstant skalautbytte og bruk av CES-funksjoner (også for konsum). Totale investeringer er bestemt av sparingen til husholdningene, og skjer i de regionene (det vil si landene) og bedriftene som gir høyest avkastning. Eksisterende realkapital holdes fast. Arbeidstilbudet er eksogent gitt i hver region. I GRACE-Nor er det imperfekt substitusjon mellom importerte og hjemmeproduerte varianter, mens det antas perfekt substitusjon mellom eksport og salg til hjemmemarkedet. Import- og eksportpriser bestemmes i modellen.

Bruken av energivarer i produksjon og konsum er tilknyttet utslippskoeffisienter for CO₂. Andre klimagasser er ikke inkludert, og heller ikke prosessutslipp, utslipp fra avfallsforbrenning eller utslipp og opptak fra LULUCF. Bedrifter og husholdninger kan redusere utslipp ved å endre sammensetning av innsatsfaktorer/konsum eller ved å redusere aktiviteten. Teknologisk utvikling er gitt eksogent. GRACE-Nor kan analysere flere typer virkemidler, først og fremst økonomiske virkemidler, men også enkelte direkte reguleringer. Velferdsendringer i modellen måles ved endringer i bruttonasjonalprodukt (BNP). Interaksjoner med eksisterende skatter og avgifter rettet mot produksjonssektorene fanges opp av modellen, men ikke skatt på inntekt. Eksternaliteter og tilpasningskostnader inngår ikke. Modellen kan ikke si noe om fordelings effekter i Norge. Modellen kalibreres basert på data fra Global Trade

Analysis Project (GTAP), mens nasjonalregnskapsdata er brukt for å justere dataene for Norge. Basisår er for tiden 2014. Substitusjonselastisiteter i modellen er hovedsakelig basert på MIT-EPPA-modellen og er stort sett de samme på tvers av næringer og regioner.

Utvalgets vurdering er at GRACE-Nor i mindre grad enn SNOW inkluderer vesentlige utslippskilder på et tilstrekkelig detaljert nivå. Den inkluderer kun CO₂ og viktige utslipp er ikke inkludert. Det er vanskelig å skille mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig utslipp i modellen, og den har vesentlig færre næringer. Noen av disse manglene kan rettes på ved en ytterligere disaggregering. I likhet med SNOW inkluderer den ikke utslipp eller opptak fra LULUCF. På den annen side fanger GRACE-Nor opp hvordan endringer i Norge kan påvirke utlandet.

Modellering av utslippsreduksjoner skjer kun gjennom redusert aktivitet og ved substitusjon mellom produksjonsfaktorer/konsumgoder. I noe større grad enn for SNOW er sentrale næringer for enkelt modellert til å kunne gi en god beskrivelse av mulige utslippsreduksjoner, og utvalget mener det vil være formålstjenlig å vurdere en bedre representasjon av enkelte utslippskilder, samt en finere inndeling av enkelte næringer. Siden GRACE-Nor er en dynamisk-rekursiv modell, tar aktørene ikke innover seg framtidige endringer. Substitusjonselastisitetene er basert på gamle internasjonale studier. Modellen har god representasjon av økonomiske virkemidler og enkelte direkte reguleringer, men ikke støtte til teknologiutvikling eller informasjonstiltak.

GRACE-Nor inkluderer ikke tregheter i priser og tilpasning eller konjunkturer. Den er derfor ikke særlig egnet til analyser på kort sikt og for analyser av akkumulerte endringer for de nærmeste årene. Modellen er derimot relativt godt egnet for analyser på lang sikt, selv om den har visse mangler som påpekt over. Det er ikke mulig å analysere betydningen av usikkerhet annet enn ved følsomhets- og robusthetsanalyser. Velferdseffekter i GRACE-Nor er representert ved endring i BNP, men det er mulig å beregne andre velferdsmål. Modellen fanger opp interaksjon mellom eksisterende og nye/endrede virkemidler, men inkluderer ikke markedsimperfeksjoner eller fordelingseffekter mellom husholdninger i Norge. For analyser av statsbudsjettet er det en fordel at modellen kan gjøres forholdsvis disaggretert og inkluderer en rekke skatter og avgifter, men den mangler på den annen side noen viktige utslippskilder. Modellen er basert på både GTAP- og nasjonalregnskapsdata, som gjør det noe mer krevende å oppdatere datagrunnlaget. Det mangler foreløpig en modelldokumentasjon av den norske versjonen.

Oppsummert har GRACE-Nor en rekke egenskaper som er nyttige for analyser av utslippseffekter og kostnader på lang sikt, om enn i noe mindre grad enn SNOW. En styrke ved modellen er at effekter i utlandet kan studeres. Den er godt egnet for videreutvikling og eventuell kobling til sektormodeller.

3.4.3 NOREG (Norwegian Regional General Equilibrium Modelling System)

NOREG er en dynamisk-rekursiv SCGE-modell utformet for analyser av regionaløkonomisk utvikling fem år og mer fram i tid, utviklet av Transportøkonomisk Institutt (TØI), Vista Analyse, Menon Economics og SSB.

NOREG modellerer Norge som sammensatt av flere regioner, med en fleksibel regioninndeling (ned på kommunenivå). Modellen er for tiden inndelt i 24 næringer i hver region, men inndelingen er fleksibel. Bedriftene bruker realkapital, arbeidskraft, to typer energivarer (fossil og elektrisitet/fjernvarme) og andre innsatsvarer i sin produksjon. Produksjonsstrukturen er forholdsvis lik som i SNOW og GRACE-Nor, med konstant skalautbytte og bruk av CES-funksjoner. Totale investeringer er bestemt av sparingen til husholdningene, og skjer i de regionene og bedriftene som gir høyest avkastning, men med noe treghet. Eksisterende realkapital holdes fast. Husholdningenes etterspørsel er gitt ved et lineært utgiftssystem. Arbeidstilbudet er eksogent gitt i hver region. I en modellversjon under utvikling skilles det mellom fire typer arbeidskraft, og det åpnes for flytting og pendling mellom regioner. Offentlig sektor er modellert som én nasjonal aktør med en enkel nyttefunksjon. Regionene er knyttet sammen gjennom handel, med varer produsert i ulike norske regioner, modellert som tilnærmet perfekte substitutter. Den norske økonomien er liten og åpen, med imperfekt substitusjon mellom importerte og hjemmeproduerte varianter.

Utslipp inngår ikke i NOREG i dag, men bruk av fossil energi (som én vare) modelleres. Effekter av avgifter på energi, for eksempel fossil energi, kan analyseres nasjonalt og regionalt. Velferden representeres ved neddiskontert nytte til den representative husholdningen i hver region, som kan aggregeres til nasjonalt nivå. Fordelingseffekter mellom regioner, og for husholdninger med ulikt utdanningsnivå i versjonen som er under utvikling, kan studeres. Interaksjoner med eksisterende skatter og avgifter, også inntektskatt, fanges opp av modellen, mens eksternaliteter og tilpasningskostnader ikke inngår. Modellen er kalibrert basert på nasjonalregnskapsdata for 2017,

kombinert med data for bedrifter, varestrømmer og transportkostnader i Norge. Elastisitetene er tallfestet basert på internasjonal forskning, men det pågår et arbeid med å beregne disse basert på norske data.

Utvalgets vurdering er at siden utslipp ikke er modellert og modellen heller ikke skiller mellom ulike fossile brensler, er NOREG i sin nåværende form ikke godt egnet for studier av utslipp og klimapolitikk. Produksjonsstrukturen er relativt lik GRACE-Nor. Den regionale inndelingen innebærer en styrke sammenlignet med de to foregående modellene. NOREG er dynamisk-rekursiv, og aktørene tar derfor ikke innover seg endringer i framtida. Substitusjonselastisitetene er basert på relativt nye internasjonale studier. Modellen kan analysere effekter av avgifter på fossil energi på nasjonalt eller regionalt nivå, som kan sees på som en forenklet klimaanalyse.

NOREG fanger ikke opp konjunkturer, men i motsetning til SNOW og GRACE-Nor har den innebygget noe treghet i bedriftenes investeringsatferd. Modellen er likevel best egnet for analyser på lang sikt. Det er ikke mulig å analysere betydningen av usikkerhet annet enn ved følsomhets- og robusthetsanalyser. Modellen har et konsistent mål på samfunnsøkonomiske kostnader, fanger opp interaksjon mellom eksisterende og nye virkemidler, men inkluderer ikke relevante markedsimperfeksjoner. Fordelingseffekter mellom regioner, og for husholdninger med ulikt utdanningsnivå i versjonen som er under utvikling, kan studeres. For analyser av statsbudsjettet er modellen per i dag ikke egnet, siden den ikke inkluderer utslipp. Modellen er relativt godt dokumentert.

Oppsummert er NOREG ikke velegnet for klimaanalyser slik den er i dag, men den har egenskaper som gjør at en videreutviklet versjon kan være relevant for analyser på lang sikt. Modellens fremste styrke er den regionale inndelingen.

3.4.4 REMES (Regional Equilibrium Model for Norway with focus on the Energy System)

REMES er i likhet med NOREG en dynamisk-rekursiv SCGE-modell utformet for analyser på lang sikt, hovedsakelig utviklet av SINTEF og NTNU. Det finnes også en intertemporal variant av modellen.

REMES modellerer Norge som sammensatt av fem regioner som samsvarer med kraftprisområdene. Modellen er inndelt i 36 næringer i hver region, inkludert 13 næringer

innen utvinning og raffinering. Hver næring kan produsere flere varer. Bedriftene bruker realkapital, arbeidskraft, ulike typer energivarer og andre innsatsvarer i sin produksjon. Produksjonsstrukturen er forholdsvis lik som i de tre andre CGE-modellene, med konstant skalautbytte og bruk av CES-funksjoner (også for konsum). Totale investeringer er bestemt av sparingen til husholdningene, og skjer i de regionene og bedriftene som gir høyest avkastning. Både arbeidskraft og eksisterende realkapital er mobil mellom næringer. Arbeidskraften er låst til regioner (ingen flytting eller pendling), mens det kan velges mellom å holde eksisterende realkapital fast eller la den være mobil mellom regioner. Offentlig sektor består av én nasjonal og fem regionale aktører, som kan modelleres hver for seg eller samlet med enkle nyttefunksjoner. Regionene er knyttet sammen gjennom handel med varer og tjenester produsert i ulike norske regioner, modellert som imperfekte substitutter. Den norske økonomien er liten og åpen, med høy substitusjonselastisitet mellom varer produsert i Norge og utlandet.

Bruken av energivarer i produksjon og konsum er tilknyttet utslippskoeffisienter for CO₂. Andre klimagasser er ikke inkludert. Prosessutslipp er inkludert, men ikke utslipp fra avfallsforbrenning eller utslipp og opptak fra LULUCF. Bedrifter og husholdninger kan redusere utslipp ved å endre sammensetning av innsatsfaktorer/konsum eller ved å redusere aktiviteten. Teknologisk utvikling er gitt eksogent, men modellen er utviklet med henblikk på kobling til en energisystemmodell, slik at ulike teknologier og teknologisk utvikling i energisektoren blir fanget opp. REMES kan analysere flere typer nasjonale og regionale virkemidler, først og fremst økonomiske virkemidler. Velferden representeres ved neddiskontert nytte til den representative husholdningen i hver region, som kan aggregeres til nasjonalt nivå. Regionale fordelingseffekter kan studeres. Interaksjoner med eksisterende skatter og avgifter rettet mot produksjonsnæringene fanges opp av modellen, men ikke skatt på inntekt. Eksternaliteter og tilpasningskostnader inngår ikke. Modellen er kalibrert basert på nasjonalregnskapsdata for 2007 (oppdatering til 2019 pågår), kombinert med data på fylkesnivå og data for varestrømmer i Norge. Elastisitetene er tallfestet basert på internasjonal forskning.

Utvalgets vurdering er at REMES inkluderer vesentlige utslippskilder på et relativt detaljert nivå, men i mindre grad enn SNOW. Den inkluderer kun CO₂. Avfallsforbrenning er ikke inkludert, men i motsetning til GRACE-Nor inkluderer den prosessutslipp. Det er vanskelig å skille mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig utslipp. I likhet med de øvrige modellene inkluderes ikke utslipp og opptak fra LULUCF. Den regionale inndelingen er en styrke sammenlignet med

SNOW og GRACE-Nor, men inndelingen er klart grovere enn i NOREG.

Modellering av utslippsreduksjoner skjer kun gjennom redusert aktivitet og ved substitusjon mellom produksjonsfaktorer/konsumgoder. I noe større grad enn for SNOW er sentrale næringer for enkelt modellert til å kunne gi en god beskrivelse av mulige utslippsreduksjoner. På den annen side er den tenkt koblet til en energisystemmodell. Utvalget mener det vil være formålstjenlig å vurdere en bedre representasjon av enkelte utslippskilder samt en finere inndeling av enkelte næringer. Modellen er dynamisk-rekursiv, og aktørene tar derfor ikke innover seg endringer i framtida. Substitusjonselastisitetene er basert på ikke helt nye internasjonale studier. Modellen har god representasjon av økonomiske virkemidler, men ikke støtte til teknologiutvikling eller informasjonstiltak. Modellen kan til en viss grad analysere virkemidler på regionalt nivå.

REMES inkluderer ikke tregheter i priser og tilpasning eller konjunkturer, og er derfor ikke særlig egnet til analyser på kort sikt eller for analyser av akkumulerte endringer for de nærmeste årene. Modellen er derimot relativt godt egnet for analyser på lang sikt, selv om den har visse mangler som påpekt over. Det er ikke mulig å analysere betydningen av usikkerhet annet enn ved følsomhets- og robusthetsanalyser. Modellen har et konsistent mål på samfunnsøkonomiske kostnader, fanger opp interaksjon mellom eksisterende og nye virkemidler, men inkluderer ikke relevante markedsimpersjoner eller fordelings effekter annet enn mellom de fem kraftprisområdene. For analyser av statsbudsjettet er det en fordel at modellen er forholdsvis disaggregert og inkluderer en rekke skatter og avgifter. Modellen er brukbart dokumentert.

Oppsummert har REMES en rekke egenskaper som er nyttige for analyser av utslippseffekter og kostnader på lang sikt, om enn i noe mindre grad enn SNOW. En styrke ved modellen er inndelingen i fem regioner og mulig kobling til energisystemmodell, men inndelingen er mindre fleksibel enn i NOREG. Den er godt egnet for videreutvikling.

3.4.5 NORA (NORwegian fiscal policy Analysis model)

NORA er en nykeynesiansk modell som tar utgangspunkt i en DSGE-modell. Den er nylig utviklet i samarbeid mellom SSB og Finansdepartementet, for å analysere effekter av finanspolitikken på fastlandsøkonomien på mellomlang sikt.

Modellen består av to sektorer, en skjermet og en konkurranseutsatt. I tillegg er interaksjoner mellom fastlandsøkonomien og petroleumssektoren enkelt modellert på tilsvarende måte som for utlandet. Bedriftene i skjermet og konkurranseutsatt sektor bruker arbeidskraft og kapital i en Cobb-Douglas-produktfunksjon. Produksjonen kombineres så med importerte varer i en CES-funksjon. Den norske økonomien er modellert som liten og åpen. Nivået på investeringene bestemmes basert på en rente fastsatt av Norges Bank. Sektorinndelingen i en konkurranseutsatt og skjermet sektor, er viktig for modellering av lønnsdannelsen (frontfagsmodellen).

Det er to typer husholdninger i modellen, der den ene typen har framoverskuende forventninger (i likhet med bedriftene), mens den andre ikke har det. Husholdningene har forventninger til framtidig inntekt som modelleres med tilhørende varians, noe som skaper usikkerhet knyttet til forventet framtidig inntekt. Valg aktørene tar i dag påvirkes av forventninger om framtiden, og usikkerheten knyttet til disse forventningene. De generelle likevektsmekanismene sikrer at modellen tar hensyn til interaksjon mellom aktørene og mellom politikken og aktørene. Den norske økonomien er liten og åpen. Utslipp inngår ikke i NORA, og heller ikke bruk av energivarer. Det er ikke et eget velferds mål i NORA, men det er mulig å avlede et velferdsnivå fra nytten til de framoverskuende husholdningene. NORA er kalibrert ut fra egenskapene ved Norges Banks modell NEMO, og det pågår et arbeid i SSB med estimering av modellen.

Utvalgets vurdering er at siden utslipp ikke er modellert, og modellen dessuten er svært aggregert og ikke modellerer energivarer, er NORA i sin nåværende form ikke egnet for studier av utslipp og klimapolitikk. NORA er intertemporal og stokastisk, noe som skiller den fra de andre modellene. En viktig egenskap å ta med seg videre fra NORA er de framoverskuende aktørene, og usikkerheten knyttet til forventninger om framtiden. Her skiller NORA seg ut fra de andre modellene, og gir muligheter til å ta inn over seg forventninger knyttet til den økonomiske politikken, som for eksempel analyse av usikkerhet knyttet til framtidig politikk, inntekt osv. Modellen kan ikke, slik den er nå, analysere klimapolitikk, men har en detaljert beskrivelse av skattesystemet. Modellen har innebygget tregheter og fanger opp konjunkturer, og er best egnet for analyser på mellomlang sikt. For analyser av klimaeffekt av statsbudsjettet er modellen per i dag ikke egnet siden den ikke inkluderer utslipp. Modellen er relativt godt dokumentert, men er under videreutvikling.

Oppsummert er NORA ikke velegnet for klimaanalyser, men den har egenskaper som gjør at en videreutviklet versjon

potensielt kan være et relevant supplement. Modellens fremste styrker er at den kan egne seg for studier av beslutninger under usikkerhet og har dynamiske elementer som fanges opp gjennom konjunkturer.

3.4.6 KVARTS

KVARTS er en kvartalsvis makroøkonometrisk modell utviklet av SSB for konjunkturanalyser, prognoser og politikkanalyser på kort og mellomlang sikt. Den brukes også aktivt av Finansdepartementet.

Modellen består av 20 sektorer, inkludert tre offentlige. Bedriftene bruker arbeidskraft, kapital og ulike varer i sin produksjon, som beskrives av CES-funksjoner. Olje og gass er skilt ut som egne varer, mens kull inngår sammen med andre varer. Det er lagt til grunn monopolistisk konkurranse. Produksjonen bestemmes på kort sikt i hovedsak av utviklingen i samlet etterspørsel, hvor konsumet i privat sektor påvirkes av disponibel realinntekt. Over tid spiller tilbudssiden en større rolle via prisendringer og lønnsdannelse (som bygger på frontfagsmodellen). Både arbeidskraft og kapital er mobil mellom næringer, men på kort sikt tilpasser arbeidskraften seg raskere enn kapitalen. Arbeidskraften er homogen, mens realkapitalen er fordelt på ulike typer (bygninger, maskiner osv.). Investeringer bestemmes av priser og produksjon, og den norske økonomien er liten og åpen. Modellen er dynamisk-rekursivt og fanger opp konjunkturer og tilpasningskostnader. Atferdsrelasjonene i KVARTS tallfestes ved hjelp av statistiske metoder og historiske data fra nasjonalregnskapet slik at variable tilpasser seg til ny langsiktig likevekt gjennom gradvis, kortsiktig tilpasning. Den kortsiktige tilpasningen representerer treghetene i KVARTS. Utslipp inngår ikke i KVARTS, men makroøkonomiske effekter av avgifter på petroleumsprodukter kan analyseres. Modellen har ikke noe eksplisitt velferds mål, men beregner endringer i BNP og konsum samt arbeidstilbud og formue. KVARTS kalibreres løpende mot kvartalsvis nasjonalregnskapstall.

Utvalgets vurdering er at siden utslipp ikke er modellert, og modellen dessuten har en noe begrenset inndeling i sektorer og energivarer, er KVARTS i sin nåværende form ikke egnet for studier av utslipp og klimapolitikk. Modellen er etterspørselsdrevet på kort sikt og fanger derfor opp konjunkturer, noe som skiller den og NORA fra de andre modellene. Den fanger ikke opp betydningen av usikkerhet. De estimerte atferdsrelasjonene kan sies å fange opp aktørenes forventninger til framtida på et generelt grunnlag, men ikke av spesifikke politikkenninger. Modellen kan ikke analysere klimapolitikk, men derimot avgifter på oljepro-

dukter. KVARTS er særlig egnet for analyser på kort sikt, men kan også anvendes på lang sikt. Modellen har ikke et konsistent mål på samfunnsøkonomiske kostnader, men beregner endringer i BNP og konsum. For analyser av statsbudsjettet er modellen per i dag ikke egnet siden den ikke inkluderer utslipp. Det foreligger ikke en fullstendig dokumentasjon av den gjeldende versjonen av modellen. Sentrale modellsammenhenger er omtalt i arbeider som bygger på anvendelser av modellen. SSB arbeider med en mer helhetlig overordnet dokumentasjon av modellen.

Oppsummert er KVARTS ikke velegnet for klimaanalyser slik den er i dag, men den har egenskaper som gjør at en videreutviklet versjon kan være relevant for analyser spesielt på kort sikt. Modellens fremste styrke er at den kan fange opp effekten av konjunkturer og tregheter i økonomien.

3.5 Makromodeller i utvalgte andre land

Norge, Sverige, Danmark og Finland benytter alle CGE-modeller som en del av det samlede modellapparatet til analyser av klimagassutslipp og klimapolitikk. Løsningene som beskrives for de nordiske modellene er derfor mest relevante for utvalgets vurdering av og forslag til videreutvikling av CGE-modeller i Norge.

Sverige bruker EMEC (Environmental Medium Term Economic Model), som er en dynamisk-rekursiv generell likevektsmodell for svensk økonomi. Modellen er utviklet for å analysere utvikling i utslipp av klimagasser og andre utslipp til luft, og effekter av miljøpolitiske virkemidler. I tillegg kan modellen brukes til å analysere strukturelle endringer i økonomien og fordelingseffektene av miljøpolitikken for ulike husholdninger.

I Danmark benyttes hybridmodellen InterACT, som består av en statisk CGE-modell koblet til den intertemporalt dynamiske energisystemmodellen TIMES-DK. Modellen brukes primært til å analysere utvikling av energisystemet, energirelaterte utslipp og kostnader knyttet til energi- og klimapolitikken. I tillegg er en ny generell likevektsmodell, GreenREFORM, under utvikling. Dette er en intertemporalt dynamisk CGE-modell som utvikles for å kunne analysere økonomiske effekter av miljø- og klimapolitikk og miljø- og klimaeffekter av økonomisk politikk fram mot år 2100. GreenREFORM vil bestå av to deler som er integrert: En dynamisk generell likevektsmodell med relativt detaljert beskrivelse av utslippsreducerende teknologier, og et sett

med detaljerte sektormodeller (henholdsvis transport, jordbruk og LULUCF, avfall og energiforsyning). I tillegg vil det være en modul for å kunne analysere effekter på karbonlekkasje.

I analyser av klimapolitikken i Finland brukes den dynamisk-rekursive likevektsmodellen FINAGE, ofte sammen med en versjon av energisystemmodellen VTT-TIMES for finsk økonomi.

Det er flere løsninger i de nordiske modellene som skiller seg fra de norske CGE-modellene. Når det gjelder aktørene i modellene kan IntERACT brukes til å gjøre analyser med ulike markedsbarrierer som legger begrensninger på aktørenes atferd, som likviditetsbegrensninger eller ufullkommen informasjon. Disse barrierene modelleres i TIMES-DK. I både GreenREFORM og IntERACT har aktørene en blanding av myopiske og framoverskuende forventninger, og i GreenREFORM kan man tilpasse forventningsdannelsen avhengig av analyseformål. I FINAGE er det mulig å anta at lønningene ikke justeres umiddelbart, men responderer gradvis på sjokk i økonomien. I EMEC er husholdningene inndelt i ulike inntektsgrupper, som også har noe ulik atferd. Modellen skiller også mellom husholdninger som bor i storbyer, mindre byer og spredtbygde strøk. Det er flere interessante tilnærminger til å modellere utslipp og utslippsreduksjonsmuligheter i de nordiske modellene. Både IntERACT og GreenREFORM er koblet eller kan kobles med én eller flere sektormodeller. I tillegg brukes i stor grad bottom-up informasjon om konkrete teknologier, basert på et datagrunnlag (teknologikataloger) som er åpent tilgjengelig og som oppdateres kontinuerlig. Katalogene inkluderer tekniske og økonomiske data for ulike energiteknologier. I GreenREFORM er dette integrert i CGE-modellen og tilhørende sektormodeller, mens i IntERACT er det lagt inn i energimarkedsmodellen TIMES-DK som er koblet til CGE-modellen.

I GreenREFORM antas treghet i bedriftenes teknologitilpasning og investeringer i kapital. IntERACT kan kjøres med antakelser om full eller delvis kapitalmobilitet. Konjunkturinstituttet jobber med å utvikle en såkalt putty-clay løsning for EMEC, som innebærer at deler av kapitalbeholdningen er fast, men nye investeringer er mobile.

I GreenREFORM er utslipp av metan og lystgass fra jordbruk differensiert og knyttet til innsatsfaktorer, og ikke modellert som prosessutslipp. Utslipp og opptak fra LULUCF dekkes i en egen sektormodell. Tilsvarende skal utslipp fra avfall etter planen være knyttet til ulike avfallstyper i en egen sektormodell. I både IntERACT og GreenREFORM er det mulig å legge inn informasjon om

renseteknologier, som karbonfangst og -lagring. I EMEC er det mulig å redusere prosessutslipp noe ved substitusjon mellom prosessutslipp og andre innsatsfaktorer og innsatsvarer.

EMEC og GreenREFORM modellerer flere energivarer enn de norske modellene (syv i EMEC og 27 i GreenREFORM). Både EMEC og GreenREFORM har en disaggregert modellering av utslippsreduksjonsmuligheter innen transportsektoren og modellerer husholdningene og bedriftenes bruk av egne transportmidler eksplisitt. I GreenREFORM er ulike transportteknologier implisitt modellert i selve CGE-modellen, mens sektormodellen for transport som skal integreres i modellen har en detaljert beskrivelse av ulike kjøretøyteknologier. Den inkluderer også nettverksesternaliteter ved implementering av nye biler, det vil si at kostnaden ved å ta i bruk en ny type bil faller med antallet som tar i bruk den nye biltypen.

Substitusjonselastisitetene i IntERACT er estimert på danske tidsseriedata. Tilsvarende jobber DREAM med å estimere substitusjonselastisitetene i produktfunksjonen til bedriftene på danske tidsseriedata.

3.6 Samlet vurdering og konklusjon

Gjennomgangen av de norske makromodellene har vist at det er varierende hvor godt de oppfyller kriteriene utvalget har utarbeidet basert på forvaltningens behov for klimaanalyser. Dette henger dels sammen med at modellene er utviklet for ulike formål. Det kan heller ikke forventes at en enkelt modell kan oppfylle alle kriteriene på en god måte. Utvalget oppsummerer her i hvilken grad makromodellene svarer ut de enkelte kriteriene, og gir en samlet vurdering av modellene i lys av forvaltningens behov for klimaanalyser. Deretter følger en kort oversikt over relevante løsninger fra de nordiske makromodellene, før vi til slutt konkluderer.

3.6.1 Vurdering av modellene i lys av forvaltningens behov for klimaanalyser

Tabell 1 oppsummerer hvordan hver av modellene oppfyller kriteriene nevnt ovenfor. Som det framgår er det kun tre av dem som i dag inkluderer utslipp av klimagasser (SNOW, GRACE-Nor og REMES), og kun SNOW som dekker alle relevante klimagasser. Det er også noe variasjon i hvilke CO₂-utslipp som er inkludert. Utslipp og opptak fra LULUCF er ikke dekket av noen av modellene. De tre andre

modellene (NOREG, NORA og KVARTS) kan også være relevante å vurdere med tanke på eventuell videreutvikling. I vurderingen nedenfor tar vi for oss fem sentrale analyseformål som kriteriene er basert på.

- Virkninger av virkemidler på utslipp på lengre sikt for alle utslippsskilder (2030 og videre), inkludert vurdering av konsekvenser av mulige nye mål og forpliktelser

De tre modellene som inkluderer utslipp, er godt egnet for analyser på lang sikt. De har, i større eller mindre grad, detaljert modellering av næringer og innsatsfaktorer som gjør at de fanger opp viktige tilpasninger og interaksjoner i økonomien. Utslppsreduksjoner skjer stort sett via substitusjon mellom innsatsfaktorer/konsumgoder og via redusert aktivitet. Det gir lite informasjon om hvilke konkrete teknologivalg som tas, men gjør at modellene ikke er bundet til konkrete teknologier som legges inn. Substitusjonselastisitetene, som kan ha stor betydning for modellerte utslippseffekter, er i liten grad basert på nyere norske empiriske studier. SNOW har noe mer detaljert spesifisering av teknologivalg enn de to andre, først og fremst for privat transport. Det bør vurderes forbedringsmuligheter i modelleringen av enkelte utslippsskilder, som jordbruk, avfall/fjernvarmeproduksjon og prosessutslipp. Langsiktige analyser avhenger også i stor grad av hvilke antakelser man gjør om framtida, for eksempel knyttet til teknologiutvikling.

De tre modellene har god representasjon av økonomiske virkemidler i klimapolitikken, og kan også analysere effekten av enkelte direkte reguleringer. Ingen av modellene kan analysere virkninger av støtte til teknologiutvikling eller informasjonstiltak annet enn ved å legge inn eksogene antakelser i modellen og studere ringvirkningene av dette. NOREG inkluderer ikke utslipp, men kan analysere effekter av energiavgifter på energibruk. Den egner seg også godt for analyser på lang sikt. GRACE-Nor (og varianten SNOW-GLO) fanger opp effekter i utlandet, mens REMES og NOREG fanger opp regionale effekter.

Alle modellene unntatt NORA er dynamisk-rekursive, der aktørene har myopiske forventninger og legger til grunn at framtidens priser og politikk blir som i dag. NORA (og varianten SNOW-DYN) er intertemporal, der (noen av) aktørene er framoverskuende. Det er ikke opplagt hvilken av disse variantene som er mest velegnet for klimaanalyser, men de kan supplere hverandre. Det er ikke mulig å analysere betydningen av usikkerhet annet enn ved følsomhetsanalyser og robusthetsanalyser for ulike scenarier.

- Virkninger av virkemidler på utslipp på kort sikt (perioden 2021-2030) i ikke-kvotepliktig sektor

Med unntak av KVARTS og NORA fanger modellene i liten grad opp tregheter eller konjunkturer. De er derfor mindre egnet for analyser på kort sikt og for analyser av akkumulerte utslippseffekter fram mot 2030. REMES og NOREG og til dels SNOW har riktignok innebygget noen tregheter. Skillet mellom kvotepliktig og ikke-kvotepliktig utslipp i modellene er ikke helt nøyaktig, men næringsinndelingen gjør det mulig å skille på en omtrentlig måte. KVARTS er spesielt relevant for analyser på kort sikt, men inkluderer ikke utslipp. Den er derfor ikke egnet for klimaanalyser i dag, men kan analysere effekter av energiavgifter.

- Kostnader og konsekvenser ved virkemiddelbruken på kort og lang sikt

De fleste modellene kan beregne presise velferds mål, mens KVARTS kun beregner effekter på makroøkonomiske størrelser som BNP, konsum og arbeidstilbud. Eksisterende skatter og avgifter, som kan påvirke kostnadene av klimavirkemidler, er inkludert i de fleste modellene. Tilpasningskostnader og markedsimperfeksjoner er i liten grad inkludert. Inntektsfordelingseffekter fanges ikke opp av noen av modellene, men SNOW kan kobles mot en modul som kan beregne dette. Regionale kostnader og konsekvenser fanges opp av NOREG og til dels REMES.

- Lage framskrivinger av utslipp for hele økonomien på kort og lang sikt

Utvalget har ikke vurdert dette eksplisitt, men modellenes egenskaper for analyser på kort og lang sikt vil også være relevant for hvor egnet de er til bruk i framskrivinger. En grundig vurdering av dette krever imidlertid en mer detaljert gjennomgang av hvordan dagens framskrivinger gjøres, noe utvalget vil arbeide med videre.

- Å gi anslag på den samlede utslippseffekten av statsbudsjettet på kort og lang sikt

For analyser av statsbudsjettet er det en fordel at flere av modellene inkluderer en rekke skatter og avgifter, og at de er relativt disaggregerte. En del poster på statsbudsjettet vil likevel være vanskelige å modellere, og utvalget har et pågående arbeid for å undersøke dette nærmere (jamfør kapittel 4 i denne årsrapporten). De fleste modellene er best egnet til å fange opp langsiktige budsjetteffekter. KVARTS og NORA kan fange opp kortsiktige effekter i økonomien, men inkluderer som nevnt ikke utslipp.

3.6.2 Relevante løsninger fra de nordiske makromodellene

Basert på gjennomgangen av de nordiske modellene, har utvalget merket seg noen løsninger som kan være relevante for videreutvikling av de norske CGE-modellene. Dette gjelder spesielt bruken av teknologikataloger i de danske modellene IntERACT og GreenREFORM, modelleringen av transport i GreenREFORM og EMEC, kobling av GreenREFORM til sektormodeller og moduler (for blant annet landbruk, LULUCF og avfall) og modellering av treghet i flere av modellene. Utvalget har foreløpig ikke gjort en vurdering av om disse løsningene bør inkluderes i de norske makromodellene.

3.6.3 Konklusjon og videre arbeid

Utvalgets gjennomgang av norske makromodeller viser at det i dag kun er tre numeriske generelle likevektsmodeller (CGE-modeller) som fanger opp utslipp av klimagasser, og som dermed potensielt kan dekke forvaltningens analyseformål på klimaområdet. SSBs modell SNOW brukes allerede av forvaltningen og er vurdert å være best egnet til flere formål, med god dekning av utslipp og utslippskilder. GRACE-Nor er spesielt egnet til å fange opp utslippseffekter i utlandet, mens REMES og NOREG har nyttige egenskaper for regionale analyser (NOREG inkluderer imidlertid ikke utslipp). Disse modellene egner seg best

for langsiktige analyser, mens de er mindre godt egnet til kortsiktige analyser for de nærmeste årene. Det fins ulike løsninger som kan gjøre modellene bedre egnet til slike analyser. KVARTS brukes til kortsiktige analyser, blant annet i Finansdepartementet, men fanger ikke opp utslipp. NORA kan brukes til analyser av usikkerhet, men inkluderer heller ikke utslipp og er svært aggregert.

Selv om CGE-modellene har flere gode egenskaper, har de også en del mangler. Ingen av dem dekker utslipp og opptak fra LULUCF. For enkelte næringer hvor det forventes store teknologiske endringer, kan det være behov for enten videreutvikling av modellene eller at de suppleres med andre modeller eller metoder. Gjennomgangen av nordiske makromodeller har vist eksempler på hvordan dette kan gjøres.

Det forventes ikke at en enkelt modell skal være egnet til å dekke alle analyseformål, og det er ikke alle analyseformål som kan eller bør dekkes av makroøkonomiske modeller. Kobling mot partielle sektormodeller, eller bruk av flere modeller og metoder parallelt, er alternative løsninger. Det er derfor behov for å se på metodeapparatet samlet for å kunne gi anbefalinger om videreutvikling. Nyttien av modellutvikling må også ses opp mot ressursbruken som kreves. I makrorapporten pekes det på flere mindre endringer og forbedringer av modellene som bør vurderes. Et felles forbedringspunkt er knyttet til modellenes dokumentasjon og datagrunnlag. En samlet vurdering av metodeapparatet på klimaområdet gjenstår for utvalgets videre arbeid.

Tabell 1 Vurdering av norske makromodeller etter kriterier for å vurdere makromodeller for klimaanalyser

	SNOW-NO	GRACE-Nor	REMES	NOREG	KVARTS	NORA
Modelltype	CGE				Makroøkonometrisk	DSGE
A. Grunnleggende egenskaper						
Vesentlige utslipp og utslippskilder	Ja, men ikke LULUCF.	Kun CO ₂ fra energivarer.	Kun CO ₂ , mangler avfall og LULUCF.	Nei.	Nei.	Nei.
Næringsinndeling og interaksjoner	Fleksibel ned til 64 næringer.	Fleksibel ned til 64 næringer.	Fleksibel ned til 64 næringer i fem regioner.	Fleksibel ned til 64 næringer i alle kommuner.	20 næringer.	To næringer.
Utslippsreduksjonsmuligheter	Teknologitilpasning (substitusjon i CES-funksjoner) og aktivitetstilpasning. Eksplisitt for privat transport.	Teknologitilpasning (substitusjon i CES-funksjoner) og aktivitetstilpasning.	Teknologitilpasning (substitusjon i CES-funksjoner) og aktivitetstilpasning.	Ikke relevant.	Ikke relevant.	Ikke relevant.
Dynamikk	Dynamisk-rekursiv.	Dynamisk-rekursiv.	Dynamisk-rekursiv.	Dynamisk-rekursiv.	Dynamisk-rekursiv.	Intertemporalt dynamisk.
Datagrunnlag	Hovedsakelig nasjonalregnskap, basisår 2018. Substitusjonselastisiteter er skjønnsmessig vurdert basert på ulike tilgjengelige estimater.	Hovedsakelig nasjonalregnskap og GTAP, basisår 2014. Substitusjonselastisiteter fra MIT EPPA (Paltsev, 2005).	Hovedsakelig nasjonalregnskap og CREEA-prosjektet, basisår 2007. Substitusjonselastisiteter fra Koesler og Schymura (2012).	Hovedsakelig nasjonalregnskap og Menons bedriftsdatabase, basisår 2017. Substitusjonselastisiteter fra Koesler og Schymura (2015).	Tidsserier av kvartalsvis nasjonalregnskapsdata, oppdateres kontinuerlig. Substitusjonselastisiteter estimert på samme datagrunnlag.	Foreløpig kalibrert til egenskapene i modellen NEMO.
Virkemidler i klimapolitikken	Økonomiske virkemidler og enkelte reguleringer.	Økonomiske virkemidler og enkelte reguleringer.	Økonomiske virkemidler og enkelte reguleringer. Regionalt differensierte virkemidler.	Avgifter på fossil energi.	Avgifter på petroleumsprodukter.	Ikke relevant.

	SNOW-NO	GRACE-Nor	REMES	NOREG	KVARTS	NORA
Modelltype	CGE				Makroøkonometrisk	DSGE
B. Egenskaper for analyser på kort sikt	Fanger ikke opp tilpasningskostnader utover for privatbiler.	Fanger ikke opp tilpasningskostnader.	Noen tregheter i kapital- og arbeidskraftmobilitet.	Noen tregheter i kapital.	Fanger opp tilpasningskostnader.	Fanger opp tilpasningskostnader.
C. Egenskaper for analyser på lengre sikt	Analyserer langsiktig likevekt.	Analyserer langsiktig likevekt.	Analyserer langsiktig likevekt.	Analyserer langsiktig likevekt.	Bevegelser mot likevekt på lang sikt.	Analyserer langsiktig likevekt.
D. Egenskaper for analyser av kostnader og andre konsekvenser	Nyttebasert velferds-mål. Ingen markeds-imperfeksjoner. Fordelingseffekter kan beregnes i egen modul.	BNP som velferds-indikator, men nyttebasert mål kan beregnes. Ingen markeds-imperfeksjoner. Ikke fordelingseffekter innad i Norge.	Nyttebasert velferds-mål. Ingen markeds-imperfeksjoner. Regionale fordelings-effekter.	Nyttebasert velferds-mål. Ingen markeds-imperfeksjoner. Regionale fordelings-effekter.	Velferdsindikatorer som BNP, inntekt, sysselsetting. Monopolistisk konkurranse og arbeidsledighet. Ingen fordelingseffekter.	Ikke beregnet velferds-mål. Lønns-forhandlinger og arbeidsledighet. Ingen fordelingseffekter.
E. Egenskaper for analyser av utslippseffekter av statsbudsjettet	God representasjon av eksisterende skatter og avgifter. Disaggregert næringsstruktur.	Skatter og avgifter på produksjonsnæringer. Mulighet for disaggregert næringsstruktur.	Skatter og avgifter på produksjonsnæringer. Mulighet for disaggregert næringsstruktur.	Ikke relevant.	Ikke relevant.	Ikke relevant.
F. Tilgjengelighet og anvendelighet	Dokumentasjon fra 2019.	Dokumentasjon av GRACE, men foreløpig ikke av GRACE-Nor.	Siste versjon er ikke dokumentert.	Dokumentasjon fra 2020.	Det foreligger foreløpig ikke en fullstendig dokumentasjon av KVARTS.	Dokumentasjon fra 2017.

4. Status for arbeidet med klimaeffekt av statsbudsjettet

4.1 Resultater fra uttesting av kategoriseringsmetode

I sin andre rapport vurderte utvalget ulike tilnærminger til hvordan bevilgninger på statsbudsjettets inntekts- og utgiftsside kan kategoriseres, som et første skritt i arbeidet med å foreslå metoder for å anslå virkninger på klimagassutslipp av endringer i statsbudsjettet (Teknisk beregningsutvalg for klima, 2020). Utvalget vurderte at det vil være nødvendig å kategorisere statsbudsjettet for å kunne foreslå slike metoder. På oppdrag fra utvalget utviklet Menon Economics og CICERO Senter for klimaforskning et forslag til en metode for å kategorisere postene på statsbudsjettet etter klima-effekt. Utvalget anbefalte i sin andre rapport visse avgrensninger som bør gjøres ved slik kategorisering, og redegjorde for gjenstående problemstillinger som må håndteres for å gi gode og anvendbare beregninger framover. Utvalget anbefalte videre at en begrenset kategorisering skulle prøves ut på budsjettene til Klima- og miljødepartementet (KLD), Samferdselsdepartementet (SD) og Finansdepartementet (FIN) for å bygge erfaring. Utvalget pekte også på at formålet bør være å avdekke forbedringsmuligheter, samtidig som ressursbruk bør kartlegges og veies mot kvaliteten på informasjonsgrunnlaget man sitter igjen med.

Høsten 2020 ble en begrenset kategorisering gjennomført av KLD, SD og FIN. Departementene ble bedt om å kategorisere budsjettpostene ut fra om de påvirker utslipp eller opptak av klimagasser, har usikker effekt eller nøytral effekt. De ble bedt om å se på både utgifts- og inntektssiden av sine budsjetter. Hovedformålet med kategoriseringen er å se på budsjettposter som påvirker klimagassutslipp i Norge. Departementene ble i tillegg bedt om å identifisere budsjettposter som har som intensjon å påvirke klimagassutslipp i andre land, samt andre poster som de anser kan påvirke utslipp i andre land i vesentlig grad (positivt eller negativt). Budsjettposter med klimaeffekt ble i tillegg sortert etter type virkemiddel. De tre kategoriene for virkemidler var økonomiske virkemidler, direkte styring og informasjon. Kategoriseringen tok utgangspunkt i forslag til statsbudsjett for 2021, Prop. 1 S (2020–2021).

For de tre departementene ble det identifisert 16 poster på inntektssiden, og 37 poster på utgiftssiden som har effekt på

klima. På utgiftssiden ble 19 av disse vurdert til å ha usikker effekt på klimagassutslipp. Av budsjettpostene som har en effekt på klima falt mellom 26 og 29 budsjettposter inn under kategorien økonomiske virkemidler, mellom 15 og 18 under direkte styring, og 8 under informasjon.

Våren 2021 ble alle de tolv resterende departementene bedt om å gjennomføre en tilsvarende kategorisering av sine respektive budsjettposter. Kategoriseringen tok utgangspunkt i saldert statsbudsjett for 2020. Departementene ble bedt om å skille mellom budsjettposter som har henholdsvis positiv/negativ, usikker eller nøytral effekt på klimagassutslipp etter samme metode som KLD, SD og FIN benyttet høsten 2020. I stedet for å kategorisere budsjettposter med klimaeffekt etter virkemiddel, ble departementene bedt om å kategorisere budsjettposter med klimaeffekt ut fra effekt (positiv/negativ), virkemåte og utslippsskilde.

For disse tolv departementene ble det identifisert 82 poster på budsjettets utgiftsside, og én på budsjettets inntektsside som har effekt på klimagassutslipp. Av de til sammen 83 postene, ble 54 vurdert å bidra til økte utslipp eller redusert opptak av klimagasser, mens de resterende 29 ble vurdert å bidra til reduserte utslipp eller økt opptak av klimagasser.

Utslippsskildene ble delt inn i ikke-kvotepliktige og kvotepliktige utslippsskilder i utslippsregnskapet, utslipp og opptak innenfor skog og arealbruk, og utslippsskilder i utlandet. 39 av budsjettpostene ble vurdert å påvirke ikke-kvotepliktige utslipp, 13 ble vurdert å påvirke kvotepliktige utslipp og åtte budsjettposter ble vurdert å påvirke begge. Det ble vurdert at fem budsjettposter påvirker utslipp og opptak innenfor skog og arealbruk, hvorav to av postene også påvirker både kvotepliktig og ikke-kvotepliktige utslipp. 13 budsjettposter påvirker utslipp og opptak i utlandet. Fem budsjettposter ble kategorisert til å påvirke både ikke-kvotepliktige, kvotepliktige og utslipp i utlandet. Det ble til sammen identifisert 46 budsjettposter med usikker effekt.

Gjennom uttestingen av kategorisering ble det avdekket flere utfordringer. Flere av departementene gav tilbakemelding om at det er vanskelig å vite hvor langt inn i virkningskjeden man skal gå når det kommer til indirekte effekter, og at det derfor er utfordrende å vite hvor grensen går for om budsjettposten har en utslippseffekt. Videre ble det pekt på at det for flere

budsjettposter er begrenset informasjon om hva bevilgningene går til. Mange budsjettposter er samlebevilgninger som går til ulike ikke-statlige aktører. Noen budsjettposter har flere formål. En post kan finansiere mange ulike aktiviteter med motstridende klimaeffekt. Utslippseffekten kan også være ulik på kort og lang sikt. For enkelte budsjettposter knyttet til investering, drift og vedlikehold er det uklart om det er investeringen eller driften som utløser utslippseffekten. For større utstyrsanskaffelser er det også vanskelig å vite hvordan utstyret brukes på lang sikt. Kategoriseringen bærer til en viss grad preg av ulik tolkning av retningslinjene. Som et resultat har enkelte relativt like budsjettposter blitt kategorisert ulikt.

Utvalget har foreløpig ikke tatt stilling til om metoden for kategorisering av budsjettposter bør implementeres, og hvilke justeringer av metoden som eventuelt bør gjøres.

Utvalgets foreløpige vurdering er at metoden for kategorisering legger grunnlag for en mer konsistent tilnærming til å vurdere klimaeffekt av budsjettposter enn tilnærmingen som framgår av KLDs budsjettproposisjon per i dag, der det rapporteres i henhold til klimaloven. Samtidig fastholder utvalget at en kategorisering av budsjettposter i seg selv ikke gir informasjon om klimaeffekten av statsbudsjettet. Metoden kan kun brukes til å sortere ut poster som et grunnlag for å identifisere enkeltposter eller grupper av poster det bør gjøres nærmere utslippsberegning av. I sin andre rapport påpekte utvalget at det bør undersøkes om informasjon fra kategoriseringsarbeidet gir relevante inngangsdata til makromodeller, slik at det kan beregnes et anslag for samlet klimaeffekt av budsjettet. For å følge opp dette ble det besluttet å gi SSB i oppdrag å teste bruk av SNOW til å beregne klimaeffekt av enkelte budsjettposter. Dette arbeidet er videre omtalt i neste avsnitt.

4.2 Bruk av SNOW til å simulere klimaeffekt av poster på statsbudsjettet

4.2.1 Bakgrunn

I mars 2021 fikk SSB et oppdrag med formål å undersøke

- i) i hvilken grad SNOW kan brukes til å beregne langsiktige klimaeffekter av endringer i inntekter og utgifter på statsbudsjettet

- ii) mulige framgangsmåter for å lage anslag på inndata til SNOW-modellen basert på hovedkategorier av poster som vurderes å ha klimaeffekt, og deretter gjøre analyser på modellen

Arbeidet skal bidra til at TBU klima får et bedre grunnlag for å foreslå metoder for å beregne klimaeffekt av budsjettet, jamfør mandatet til TBU klima og lov om klimamål (klimaloven). Oppdraget går ut på å teste ut bruk av SNOW til å beregne langsiktige klimaeffekter av endringer i bevilgninger fra fjoråret. For kategorier av poster som er mer krevende å ta inn i simuleringer av SNOW, vil det drøftes mulige framgangsmåter og mulige behov for videreutvikling. Det tas utgangspunkt i poster på statsbudsjettet til Finansdepartementet (FIN), Klima- og miljødepartementet (KLD) og Samferdselsdepartementet (SD) som vurderes å ha klimaeffekt. Vurderingene av hvilke poster som har klimaeffekt er gjort av departementene etter bestilling fra TBU klima og er basert på metodikken foreslått i Menon og CICERO (2020). En ressursgruppe bestående av de nevnte departementene og Miljødirektoratet er tilknyttet prosjektet. SSB redegjorde for status og foreløpige funn i prosjektet for utvalget på deres siste møte før sommeren 2021. Nedenfor følger en redegjørelse for status i prosjektet og foreløpige vurderinger fra SSB.

4.2.2 Sortering av poster i statsbudsjettet

Arbeidet startet med å sortere budsjettpostene etter typer som krever liknende behandling i modellsimuleringer. I utvelgelsen av poster for simuleringene er det lagt vekt på å få fram hvordan ulike typer poster metodisk og datamessig kan behandles i makroøkonomiske simuleringer. Typologien SSB nå arbeider etter, omfatter ti ulike typer inntekter og utgifter på statsbudsjettet:

- 1) AVG Avgifter og prispåslag
- 2) STØ Støtte til aktiviteter som reduserer eller øker utslipp
- 3) FOU Støtte til teknologiutvikling som gir varig billigere utslippsreduksjoner
- 4) ATF Støtte til informasjonsaktivitet som endrer atferd
- 5) KVO Kvotekjøp og -salg
- 6) KUN Poster som bidrar til kunnskapsheving om klima generelt
- 7) LUF Tiltak innenfor arealbruk og skogbruk (LULUCF-tiltak)
- 8) INT Støtte til internasjonalt klimasamarbeid
- 9) UTL Poster som bidrar til kutt i utlandet (eller ikke-regulert utenrikstransport)
- 10) IKK Poster som ikke påvirker klimautslipp

Endringer i de fem førstnevnte typene vurderes å kunne inngå i simuleringer av SNOW. Avgifter og prispåslag (AVG) er i de fleste tilfeller representert i SNOW, enten som individuelle variable eller som del av aggregerte variable slik at endringen må vektas med andelen den aktuelle avgiften utgjør. Mange av avgiftene som anses å ha klimaeffekt, er fra FINs poster og er lagt på bruk av fossile brenslere. I denne typen inngår også andre påslag og avslag i priser som kan identifiseres i SNOW, slik som kompensasjonsordningen for kraftprisen og påslag på nettarriffen til Klima- og energifondet i KLDs budsjett. AVG-poster kan temmelig direkte legges inn i SNOW som prosentvise endringer i ad valorem satser. Ad valorem satser er avgiftsbeløpets andel av verdien av avgiftsgrunnlaget målt i kroner, og er slik prisvirkemidler oftest inngår i SNOW-modellen.

Støtte til aktiviteter som reduserer eller øker utslipp (STØ) omfatter endringer i poster som på tilsvarende måte som AVG kan regnes om til prosentvis endring i ad valorem satser, men da som subsidier – det vil si at bevilgningen bidrar til å subsidiere gjennomføringen av en aktivitet eller tiltak. Eksempler på STØ-poster som bidrar til økte utslipp kan være økte bevilgninger til rabatterte fergebilletter eller til tilskudd til fjerning av lokale rushtidsavgifter. Økte tilskudd til klimatiltak kan derimot stimulere til reduserte utslipp, om tilskuddene for eksempel går til elektrifisering av fergedrift eller overgang av godstransport fra vei til bane. Endringer kan skje både i form av investeringer og omlegginger i drift, og disse vil inngå ulikt i beregningene. Poster som subsidierer driftsutgifter, vil antas å bli opprettholdt framover fra budsjettåret (jmfør Finansdepartementet, 2020), mens investeringsstøtte vil fordeles som annuiteter i hele investeringslevetid.

Støtte til teknologiutvikling som gir varig billigere utslippsreduksjoner (FOU) og til informasjonsaktivitet som endrer atferd (ATF) vil også inngå i modellen som subsidie til aktiviteter, i prinsippet nokså tilsvarende som nevnt over for STØ. FOU omfatter støtte som bidrar til at aktiviteter blir billigere eller mer tilgjengelige på varig basis. Ofte dreier det seg om mer klimavennlige løsninger, men støtten kan også gagne aktiviteter som medfører økte utslipp. ATF er informasjonstiltak som øker tilgangen på kunnskap om konkrete atferdsendringer med utslippseffekt, slik at de varig framstår som billigere for aktørene og dermed vil virke på atferden på samme måte som en subsidie. Merk at FOU- og ATF-postene skiller seg fra poster som bidrar til kunnskapsheving om klima generelt (KUN) ved at de støtter konkrete handlinger som påvirker utslipp innenlands. KUN-poster er kunnskapsutvikling og -spredning som er klimarelevant, men uten å frambringe nye eller mer produktive tiltak/aktiviteter annet enn eventuelt svært indirekte og usikkert. Eksempler kan være økt kunnskap om klimasystemet, om fordelings effekter av Parisavtalen eller om utslippseffekter av norsk petroleumsutvinning. KUN-poster anses å ikke kunne kvantifiseres eller representeres i SNOW.

Kvotekjøp og -salg (KVO) omfatter tre poster på KLDs budsjett for 2021. Én av disse er utgifter til kvotekjøp for å imøtekomme Norges forpliktelse under Kyotoprotokollens andre forpliktelsesperiode 2013-2020, primært gjennom den grønne utviklingsmekanismen under FNs klimakonvensjon (UNFCCC). Denne posten tas ikke med i dette prosjektet. En begrunnelse er at slike kvotekjøp vurderes å ikke erstatte innenlandske utslippsreduksjoner, i og med at forpliktelsen ble inngått forutsatt at kvotekjøp kunne bidra til oppfyllelsen av avtalen. En annen post er kvotekjøp for å kompensere for utslipp fra interkontinentale flyreiser i staten. Slike flyreiser gir utslipp som ikke teller med i det norske utslippsregnskapet, og tas heller ikke med i dette prosjektet. Den siste KVO-posten er inntekter overført fra EUs inntekter fra kvoteauksjoner. Dette gir i seg selv heller ikke innenlandske utslippsreduksjoner.

SNOW-simuleringene vil heller ikke omfatte de fire siste typene listet opp ovenfor. Tiltak innenfor arealbruk og skogbruk (LULUCF-tiltak) (LUF) kan ikke representeres i SNOW, da modellen ikke inkluderer informasjon om arealbruk, inkludert opptak og utslipp fra skog og jord. Støtte til internasjonalt klimasamarbeid (INT) vil ikke påvirke norske utslipp annet enn svært indirekte og usikkert. Poster som bidrar til kutt i utlandet (eller ikke-regulert utenrikstransport) (UTL) fanges ikke opp av SNOW. Slike effekter er heller ikke pålagt å inngå i vurderingene av utslippseffekter av statsbudsjettet, utenom for poster som har som eksplisitt formål å redusere klimautslipp utenlands. Poster som ikke påvirker klimautslipp (IKK) er poster som påvirker klimatilpasning, andre utslipp enn klimagasser, eller andre miljøområder.

4.2.3 Oppgaver og utfordringer

De to første typene budsjettposter, avgifter og prispåslag og støtte til aktiviteter som endrer utslipp (AVG og STØ), omfatter over 90 prosent av beløpsendringene (absoluttverdi) fra år 2020 til 2021 blant de postene som er kategorisert å ha klima-effekt fra de tre departementene. Disse to typene forventes å kunne kvantifiseres på passende og tilfredsstillende måte og simuleres i SNOW, og poster av disse typene vil inngå i prosjektet. Alle endringer i postene vil korrigeres for anslått generell prisvekst (anslått til 3,5 prosent fra 2020 til 2021 i statsbudsjettet for 2021). For STØ gjelder det at implementeringen i SNOW krever at aktivitetene som støttes er spesifisert i modellen. Mange av disse bevilgningene støtter klimavennlige aktiviteter og krever at modellen skiller mellom mer og mindre klimavennlige aktiviteter. Eksempler på slike modellerte valgmuligheter i SNOW er skillet mellom privatbiler som går på henholdsvis bensin/diesel og elektrisitet, mellom privatbilsisme og offentlig transport, og mellom transporttjenester på vei og bane. Mange av postene i statsbudsjettet er imidlertid

rettet mot aktiviteter som ikke er skilt ut i SNOW, for eksempel støtte til grønn skipsfart. I SNOW er innenlandsk sjøtransport en aktivitet som omfatter både fossile og grønne løsninger. For poster som subsidierer grønne løsninger, må ikke bare subsidi- enivået kvantifiseres, men også den direkte utslippseffekten forårsaket av at støtten vil innebære vridning mellom aktivi- teter. Ressursgruppa koples inn for å lage anslag for dette, som SSB så benytter som inndata i modellen. For typer poster der man ikke har grunnlag for å kvantifisere inndata, kan det lages konstruerte eksempler.

Selv om budsjettposter av typen FOU og ATP (støtte til hhv. teknologiutvikling og informasjonsspredning) i prinsippet kan behandles tilsvarende som STØ (støtte til aktiviteter som endrer utslipp), gjenstår det en nærmere vurdering av om utslippseffektene fra de to førstnevnte postene (FOU og ATF) kan kvantifiseres tilfredsstillende. Én utfordring er at én enkeltpost i praksis kan omfatte flere typer (f.eks. FOU, ATP og KUN), og det kan være vanskelig å identifisere hvor mye av posten som utgjør de ulike typene. Videre vil støtte til tekno- logiutvikling (FOU) og informasjonsspredning (ATP) kun føre til utslippsreduksjoner med en viss sannsynlighet, og denne sannsynligheten må anslås. Når det gjelder FOU, kan det i en del tilfeller være utfordrende å identifisere hvilke aktiviteter som kan bli påvirket. Mens noen FOU-poster kan være tydelig rettet mot enkeltaktiviteter, vil andre ha bredere nedslagsfelt eller være så generiske at mer eller mindre alle aktiviteter, klimavennlige eller ei, påvirkes.

En utfordring med mange av budsjettpostene er at de er samlebevilgninger som allokeres videre hos mottaker. Klimasats-ordningen er et eksempel på en STØ -post som overføres til kommuner og hvor de spesifiserte tiltakene ikke vil framgå i statsbudsjettet. Et annet eksempel er bevilg- ninger som videreføres av ENOVA, Norges forskningsråd og liknende. I slike tilfeller anbefales det at fjorårets allokering legges til grunn, dersom ikke mer presis informasjon om øremerking og liknende er tilgjengelig. Bevilgningene er gjerne samlepuster som kan omfatte støtte til en hel rekke ulike aktiviteter, både drifts- og investeringsaktiviteter, noe som gjør kvantifiseringen og implementeringen av inndataene kompleks. Når det gjelder overføringene til ENOVA, vil det også være nødvendig å skille STØ- og FOU-poster.

4.2.4 Inndata og utdata fra SNOW

For å oppsummere vil inndata til SNOW for alle budsjettposter bestå av den prosentvise prisvirkningen (som ad valorem rate) av endring i budsjettbeløpet fra i fjor; økt inntektspost er et prispåslag, mens økt utgiftspost er en prissubsidie. Disse prisendringene vil formuleres i form av prosentvise ad valorem satsendringer som påvirker priser i SNOW. Førsteordenseffekten av dette vil være vridning i retning av den aktiviteten posten direkte påvirker ved at det skjer en relativ prisreduksjon på bekostning av alternativet (som får en krysspriseffekt). Når substitusjonsmuligheten mellom de relevante aktivitetene er eksplisitt modellert i SNOW, vil dette skje endogent i modellen. Hvis ikke, må også utslippseffekten anslås som inndata utenfor modellen og deretter mates inn. En foreløpig kartlegging viser at FIN-postene stort sett er AVG-poster (avgifter) som vil klare seg med prisdata. Den sistnevnte prosedyren som også krever utslippsdata, vil gjelde for majoriteten av STØ-postene i KLD- og SD-budsjettene (støtte til aktiviteter som endrer utslipp). Selv i disse tilfellene vil SNOW-simuleringene likevel kunne bidra med verdifulle resultater. I tillegg til prisvridnings- og substitusjonseffekter, vil budsjettendringen også gi endrede utgifter/inntekter for sektorer og husholdninger, som i sin tur normalt påvirker produksjonsnivået i næringer og/eller inntektsnivået i hushold- ninger. Modellen fanger også opp videre kryssløpsendringer, samt effekter via faktormarkedene for arbeid og kapital og via driftsbalansen overfor utlandet. Sist, men ikke minst, vil en makroøkonomisk modellanalyse kunne fange opp samspill mellom budsjettposter og makroeffekten av hele statsbud- sjettet. Slike effekter vil først og fremst være interessante i en analyse av hele statsbudsjettet, en oppgave som ligger utenfor siktemålet med inneværende prosjekt.

4.2.5 Status og planer

Behovet for inndata fra departementene er identifisert. Ressursgruppen er i gang med å tilrettelegge inndataene; inndata for FINs budsjett er allerede mottatt. Referansebanen er også bestemt, og simuleringer av poster fra FINs budsjett er i gang. Foreløpig rapportering fra prosjektet ble gitt på utvalgs- møtet i TBU klima den 4. juni. Frist for endelig prosjektrapport er 1. november 2021. Endelige resultater, inkludert vurderinger av videreutviklingsmuligheter, presenteres for utvalget høsten 2021. Utvalgets videre arbeid med metode for å beregne utslippseffekter av statsbudsjettet er nærmere omtalt i neste kapittel.

5. Utvalgets videre arbeid

Status for TBU klima sitt arbeid ved utløpet av tredje periode, er at mesteparten av metodeapparatet innenfor utvalgets mandat har blitt kartlagt og vurdert. Første rapport beskrev og vurderte metode for tiltaksanalyser. Andre rapport beskrev og vurderte partielle modeller og økonometriske metoder. Relevante makroøkonomiske modeller beskrives og vurderes i makrorapporten som publiseres tidlig høst 2021, og som det er gitt et sammendrag av i kapittel tre. Et par avgrensede temaer gjenstår å vurdere: Det ene er metoder for å analysere virkemidler som påvirker utslipp og opptak av klimagasser fra skog og arealbruk (LULUCF). Det andre er metoder for å framskrive norske utslipp, men det bør nevnes at utvalget allerede har kartlagt de modellene som vil være mest relevante til dette formålet (makromodeller).

Metodevurderingene har så langt i hovedsak pekt på forbedringsområder og behov for kunnskapsutvikling for hver enkelt metode isolert sett. En viktig oppgave framover blir derfor å trekke vurderingene sammen og gi råd om hvilke metoder som egner seg til ulike analyseformål og når det kan være en fordel å bruke flere metoder til et bestemt formål. En slik samlet vurdering vil gi grunnlag for å komme med anbefalinger om hvordan metodeapparatet i bred forstand kan videreutvikles for å dekke forvaltningens behov for klimaanalyser.

Et viktig punkt i mandatet for inneværende treårsperiode er å vurdere hvordan arbeidet med å utvikle metodeapparatet bør organiseres. I tillegg til utvikling av metoder, bør også drift og vedlikehold av metodeapparatet inngå i vurderingen. For å vurdere organiseringen er det behov for å beskrive dagens

organisering av arbeidet med klimaanalyser. Organiseringen av arbeidet med makromodeller er overordnet beskrevet i makrorapporten. Organiseringen av makromodeller til klimaanalyser i de nordiske landene er beskrevet i samme rapport. I utvalgets videre arbeid vil ressursbruk, ansvar for drift og vedlikehold av metoder, samarbeid og bruk av analyseresultater beskrives i nærmere detalj. Dette vil legge grunnlag for vurderinger og anbefalinger om organisering. Anbefalinger om organisering vil avhenge av utvalgets anbefalinger om utvikling av metodeapparatet. Disse delene av utvalgets videre arbeid henger derfor sammen.

Utvalget har arbeidet kontinuerlig med å vurdere metoder for å beregne utslippseffekter av statsbudsjettet. I neste periode vil utvalget fortsette arbeidet med å vurdere i hvilken grad de ulike metodene er egnet til å analysere klimaeffekt av statsbudsjettet. SSB skal innen 1. november 2021 levere sin sluttrapport med resultater fra arbeidet med å teste ut bruken av SNOW til å simulere utslippseffekten av noen utvalgte poster på statsbudsjettet. Utvalget vil gjøre en samlet vurdering av erfaringene med kategorisering av budsjettposter, uttestingen av SNOW til simulering av utslippseffekt av enkeltposter, og en vurdering av andre metoder for å beregne utslippseffekten av statsbudsjettet. Arbeidet med klima-effekt av statsbudsjettet må se utprøving av kategorisering, resultatene fra uttestingen av SNOW og helhetlig drøfting av metodeapparatet i sammenheng. Dette gjenstår for utvalgets videre arbeid. Det kan være behov for ytterligere uttesting og undersøkelser før utvalget er klar for å anbefale metoder for å beregne utslippseffekter av statsbudsjettet.

Referanser

Finansdepartementet (2020). *Retningslinjer for materialet til regjeringens konferanse i mars om statsbudsjettet for 2022*. (Rundskriv R-9/2020). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/>

Hassler, J., & Krusell, P. (2018). Environmental macroeconomics: The case of climate change. I *Handbook of Environmental Economics*, (Vol. 4, s. 333-394). Elsevier.

Koesler, S. og M. Schymura (2012). *Substitution elasticities in a ces production framework-an empirical analysis on the basis of non-linear least squares estimations*. (ZEW-Centre for European Economic Research Discussion Paper 12-007). Hentet fra <https://www.zew.de/>

Koesler, S. og M. Schymura (2015). Substitution Elasticities in a Constant Elasticity of Substitution Framework – Empirical Estimates Using Nonlinear Least Squares. *Economic Systems Research*, 27(1), 101-121. DOI:10.1080/09535314.2014.926266.

Menon og CICERO Senter for klimaforskning (2020). *Metode for å kategorisere statsbudsjettets bestanddeler etter påvirkning på utslipp av klimagasser*. (Menon-publikasjon 56/2020). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/>

Paltsev S., J. Reilly, H. Jacoby, R. Eckaus and J. McFarland and M. Babiker (2005): The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4. MIT *JPSPGC Report 125*, August, 72 p. (http://globalchange.mit.edu/files/document/MITJPSPGC_Rpt125.pdf).

Teknisk beregningsutvalg for klima (2019). *Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima 2019*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/>

Teknisk beregningsutvalg for klima (2020). *Rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klima 2020*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/>