

Hva koster klimatiltak for Norge?

Brita Bye og Taran Fæhn

Gjennom å oppsummere mye av forskningen om samfunnsøkonomiske kostnader ved klimatiltak i Norge, belyser denne artikkelen dilemmaer for norske myndigheter i utformingen av klimapolitikken fremover og får frem hvilke kostnader det er viktig å ta hensyn til. Det koster lite å redusere klimautslippene dersom de gjennomføres ved å ha samme pris på utslipp for alle utslippskilder. Det er mulig å oppnå sterke doble gevinster ved grønne skattereformer, dvs. både lavere utslipp og økt økonomisk velferd, hvis inntektene fra en uniform CO₂-avgift benyttes til å redusere andre vridende skatter som arbeidsgiveravgiften. Deltakelse i internasjonale kvotemarkeder fordrer kjøp av utslippskvoter utenlands, noe som reduserer myndighetenes budsjetter. Det samme gjør utdeling av gratiskvoter og støtte til teknologiutvikling. Kostnadene ved utslippsreduksjoner blir lavere dersom mulighetene for investeringer i nye klimateknologier integreres.

1. Innledning

Utslipp av CO₂ ble satt på den politiske dagsorden som et miljøproblem av Brundtlandkommisjonen (FN, 1987). De siste tjue årenes økende bekymring for hvordan veksten av klimagasser i atmosfæren kan begrenses, har resultert i en rekke analyser av klimapolitiske tiltak, både for Norge og internasjonalt. Norge har innført flere virkemidler, bl.a. CO₂-avgiften så tidlig som i 1991, signering av Kyoto-protokollen om begrensninger av utslipp av klimagasser i 1997, og nå nylig opprettelsen av kvotesystemet som er knyttet til EU sitt kvotesystem.

Statistisk sentralbyrå (SSB) har gjennom sin utvikling av integrerte økonomi-energi-miljø-modeller for norsk økonomi, vært en viktig bidragsyter til den norske debatten. I de tidligste arbeidene ble modellene tilpasset energimarkedsanalyser og framskrivninger av miljøindikatorer. Modellene ble videreutviklet for å bli bedre egnet til å gjennomføre miljøøkonomiske analyser, som det stadig ble flere av; eksempelvis Alfsen, Bye og Holmøy (1996) og Finansdepartementet (1996).¹ Utover 1990-tallet ble det både nasjonalt og i den internasjonale litteraturen, fokusert på kostnads- og velferdsvurderinger av klimapolitikk. Det var oppmerksomhet rundt hva det betydde for velferdseffektene at markeder ikke fungerer godt eller kan være preget av politiske inngrep. I denne typen analyser trengs empirisk baserte, disaggregerte likevektsmodeller av hele økonomien. Modellene bør også gjenspeile at tilgangen på ressurser som arbeidskraft og kapital påvirkes av hvordan markedene og den økonomiske politikken

fungerer. Den videre modellutviklingen integrerte disse behovene fra et velferdsanalytisk ståsted med energi- og utslippsfokus fra tidligere modellversjoner, i den såkalte MSG6-modellen. Siden midten av 1990-tallet har versjoner av MSG6 blitt mye brukt i utredningsøyemed for departementene² og i forskningsbaserte analyser av klimavirkemidler i SSB.

Denne artikkelen presenterer forskning om velferd og klimapolitikk for norsk økonomi i likevektsmodeller av denne typen som i hovedsak har foregått i SSB, men i noen grad også ved NHH/SNF.³ Den inkluderer analyser av mange ulike utforminger av virkemidler, både unilaterale og innenfor internasjonale samarbeid. Til sammen gir analysene etter vår mening et godt grunnlag for å vurdere hva som er valgmulighetene og dilemmaene når norske myndigheter skal utforme klimapolitikken fremover. De får også frem betydningen av særtrekk ved den norske økonomien i forhold til internasjonale, sammenlignbare studier. Elementene som er med på å bestemme kostnadene ved klimavirkemidler er vektlagt forskjellig i de ulike analysene. Vår gjennomgang er derfor også nyttig for å peke på hvilke faktorer som er viktige å ta hensyn til i denne typen analyser for Norge.

Blant de samfunnsøkonomiske kostnadsanalysene av klimapolitikk, skjelner vi mellom fem hovedtemaer, og vi omtaler de relevante analysene utført for Norge. Det første temaet dreier seg om prinsippet om at forurenseren skal betale for utslippene. Ved et utslippstak for Norge er det i følge teorien optimalt å stille alle utslippskildene overfor samme marginale rensekostnad ved å slippe ut. På denne måten sikrer en at de billigste tiltakene utløses først. Spesielt har analysene for Norge fokusert på hvilke samfunnsøkonomiske tilleggskostnader det innebærer å avvike fra dette prinsippet ved

Brita Bye er forsker ved Gruppe for økonomisk vekst og miljø (bby@ssb.no)

Taran Fæhn er forsker ved Gruppe for økonomisk vekst og miljø (tfn@ssb.no)

¹ Bye (2008) gir en oversikt over utviklingen av arbeidet med integrerte økonomi-energi-miljø-modeller i SSB.

² Senest i Perspektivmeldingen, Finansdepartementet (2009).

³ Mathiesen (1996) og Håkonsen og Mathiesen (1997) er eksempler fra NHH/SNF-miljøet.

å differensiere avgiftene mellom utslippskildene, slik man har gjort i det norske systemet fra 1991 frem til i dag.

Det andre viktige temaet i litteraturen har vært mulighetene for å vri skattesystemet over mot mer miljøskatter, som er effektivitetsfremmende, slik at andre skatter som påfører samfunnet et effektivitetstap, kan reduseres uten at offentlige budsjetter endres. Slike skattereformer er ofte betegnet som "grønne" skattereformer.⁴ De kan gi en såkalt *dobbel gevinst* i form av så vel positiv miljøeffekt som velferdsgevinster av skatteinnsparingene andre steder (Goulder, 1995a). Det tredje temaet vi belyser i form av modellanalyser på MSG6, er hvorvidt det er konflikt mellom hjemlige reduksjonsmål og globale mål som følge av såkalte utslippsekkasjer/karbonlekkasjer.

FNs klimakonvensjon (FN, 1992) og Kyotoavtalen aktualiserte samspillet mellom nasjonal klimapolitikk og flernasjonale tiltak. Fra 2008 har Norge hatt internasjonale forpliktelser innenfor Kyoto-avtalen og kan benytte fleksible mekanismer innenfor dette samarbeidet, slik at myndighetene har flere valgmuligheter enn ved et unilateralt initiativ. Norge har også knyttet seg til EUs system for omsettbare kvoter; Miljøverndepartementet (2007). Det fjerde temaet i velferdsstudiene vi presenterer omhandler nye virkemidler og rammebetingelser som følger av de internasjonale samarbeidsavtalene, samt samspillet de gir med nasjonale mål. Deltakelsen i internasjonale klimasamarbeid har både budsjettmessige og konkurransemessige konsekvenser som kan modifisere konklusjonene fra de tidligere unilaterale analysene.

Enkelte likevektsanalyser har også forsøkt å ta hensyn til kostnadselementer som ikke vanligvis fanges opp i denne typen modeller, slik som kostnadene ved arbeidsledighet som følge av at enkelte næringer blir rammet spesielt hardt av klimapolitikk, og kostnader ved å skifte om til helt nye, utslippsbesparende teknologier. Da utslipp av CO₂ først ble satt på den politiske agendaen som et miljøproblem, ble ikke rensing av CO₂ betraktet som teknisk mulig. Reduksjoner i utslippene av CO₂ kunne bare oppnås ved substitusjon av fossile brensler over mot andre energiformer, ved energieffektivisering og/eller ved reduksjon i utslippsintensive aktiviteter. Forskningen og utviklingen innenfor karbonfrie energiteknologier har imidlertid vært stor de siste 10-15 årene, og samspillet mellom klimapolitikk, teknologiutvikling og politikk rettet mot teknologiutvikling har fått betydelig større fokus; se Löschel (2002) og Bye, Fæhn og Heggedal (2009) for oversikter. Det femte og siste temaet vi undersøker fra et norsk perspektiv, er betydningen av å inkludere politikkgenerert teknologisk endring i nasjonale velferdsanalyser av klimapolitikk. Dette er studert både i nye versjoner av MSG6 og i en mer aggregert likevektsmodell med endogen forskning og utvikling av nye teknologier.

Likevektsmodellene i SSB blir presentert i kapittel 2. I kapittel 3 presenteres analyser av nasjonale klimatiltak og hva som bidrar til samfunnsøkonomiske kostnader og dilemmaer i politikktutforming. Analyser av flernasjonale klimapolitiske samarbeid og samspillet med nasjonale virkemidler omtales i kapittel 4. Betydningen av å innføre teknologifleksibilitet behandles i kapittel 5.

2. Metode for beregning av kostnader ved klimatiltak

Generelle, empiriske likevektsmodeller er et egnet og utbredt verktøy i langsiktige analyser av omlegginger i klimapolitikken; se Jorgenson og Wilcoxon (1993), Goulder (1995b), Goulder mfl. (1999).⁵ I likevektsmodeller bestemmes prisene slik at markedene for varer, tjenester og produksjonsfaktorer blir klarert. For Norge har den dominerende forskningsaktiviteten på dette området foregått i SSB, og dette kapitlet beskriver de viktigste egenskapene ved de benyttede likevektsmodellene i SSB. Se også omtale i egen boks.

Modellene gir en detaljert beskrivelse av energibruk og andre økonomiske aktiviteter som forårsaker utslipp, samt hvilke forhold og valg hos aktørene som påvirker disse aktivitetene. Alle Kyoto-gassene, samt en rekke lokalt og regionalt forurensende gasser, er inkludert. Virkemidler kan settes inn overfor alle klimagassene. I en modellversjon er også utlandets utslipp inkludert, slik at utslippsekkasjer kan analyseres. I standardversjonen kan produkter og faktorer flyttes kostnadsfritt mellom ulike anvendelser. Arbeidskraften er kun mobil innad i landet, mens kapital også kan flyttes over landegrensen.

En viktig fordel med modellverktøyet er at det gir et konsistent velferds mål. Alle endringer som skjer direkte og indirekte i aktørens tilpasninger vil til syvende og sist påvirke husholdningene i økonomien gjennom endringer i inntekter fra arbeid og kapital, overføringer og forbrukspriser. Endringer i husholdningenes nytte i dag og fremover danner grunnlag for målet på samfunnsøkonomiske kostnader ved politikken.⁶ Normalt vil aktører som må tilpasse seg klimavirkemidler påføres kostnader. De vil velge et energiforbruk, produksjonsnivå og konsum som oppleves mindre gunstig. Slike umiddelbare kostnader kan modifiseres eller forsterkes når atferdsendringene påvirker tilliggende markeder, som igjen påvirker andre markeder, osv. Fordelingen av arbeidskraft og kapital mellom næringer vil endres, og også totaltilgangen på ressursene påvirkes gjennom utslag i arbeidstilbud og investeringer. Hvis det er produktivitetforskjeller initialt mellom næringer, kan vi få mer eller mindre ut av samfunnets ressurser når de flyttes. Slike produktivitetsskiller vil ikke nødvendigvis bli tatt hensyn til i private aktørers beslutninger. I dette

⁵ En del av litteraturen blir oppsummert i Hoel, Grorud og Rasmussen (2007).

⁶ De benyttede modellene skiller ikke mellom husholdninger og kan således bare måle totale velferds-kostnader, ikke fordelings-effekter. I standardversjonene er heller ikke tilbakevirkninger av lokale utslippseffekter med i velferdseffekten.

⁴ Se også Finansdepartementet (1996).

Boks 1. De makroøkonomiske likevektsmodellene i SSB

Den disaggregerte MSG6-modellen

De fleste studiene i denne oversikten baserer seg på versjoner av MSG6 (Heide mfl., 2004; Bye, 2008). Modelleringen av atferd er basert på ulike empiriske studier. Konsumentene er representert ved én gjennomsnittlig konsument, hvis nytte i hver periode avhenger av konsumet av fritid og av 26 ulike konsumgoder. Den representative konsumenten bestemmer sitt konsum av fritid og de ulike godene slik at velferden (som er ensbetydende med den samfunnsøkonomiske effektiviteten) maksimeres, definert ved nåverdien av nytten som konsumet gir. Energivarene transportdrivstoff, fyringsoljer og elektrisitet er spesifisert, og ulike forurensende og miljøvennlige transportformer kan erstatte egen bilbruk. Husholdningene kan låne og spare i de internasjonale finansmarkedene hvor de antas å stå overfor en gitt rente, men en intertemporal budsjettbetingelse, som innebærer at utenlandsgjelden ikke eksploderer, må overholdes.

Modellen spesifiserer rundt 40 næringer og 60 produkter, som er klassifisert med tanke på å få frem forskjeller i utslipp og substitusjonsmuligheter som påvirker utslippene. Hver bedrift produserer egne produktvarianter som er ulike, slik at de oppnår en viss markedsrett i sine nisjer innenlands. Slik begrenset konkurranse gir opphav til forskjeller mellom samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk avkastning av å flytte ressurser. Bedriftene maksimerer nåverdien av kontantstrømmen når de fastsetter produksjonsnivået og sammensetningen av innsatsfaktorer, inkludert én type arbeidskraft, ulike kapitalarter, varer, tjenester og energi-varer, deriblant fossile brenslers. Økes produksjonen, øker kostnadene per produsert enhet (fallende skalautbytte). Produksjonen innenfor en næring kan også økes gjennom etablering. Etterspørerne får da fordel av at produktspektret øker (love of variety). Dette er en virkning av etablering som de nye produsentene ikke tar innover seg og er nok en kilde til avvik mellom samfunnsøkonomiske og privatøkonomiske vurderinger.

Norske bedrifter konkurrerer med utenlandske leverandører, både på hjemmemarkedene og utenlands. Prisene de konkurrerer mot er gitte på verdensmarkedene. For de fleste goder er det rom for ulik prisutvikling på norskproduserte

og utenlandske varer i hjemmemarkedet (Armington-hypotesen). Det er også rom for at hjemmemarkedsprisene utvikler seg annerledes enn eksportprisene, modellert ved at det koster noe for bedriftene å vri seg mellom hjemme- og eksportmarkedene.

Modellens produksjons- og forbruksaktiviteter er tilknyttet utslipp til luft slik de følger av utslippsregnskapet i Statistisk sentralbyrå. De seks Kyotogassene samt seks andre, lokalt og regionalt virkende gasser, er inkludert, Strøm (2007). Beskrivelsen av klimavirkemidler inkluderer differensierte og uniforme CO₂-avgifter, nasjonale og internasjonale kvotesystemer, samt gratiskvoter, subsidier og kompensasjonsordninger for bedrifter. Det er forutsatt at myndighetenes budsjettbalanse alltid opprettholdes; det er opp til modellbrukeren å spesifisere hvordan.

En aggregert modell med endogen teknologiutvikling

Enkelte av studiene benytter en likevektsmodell som er bygget ut i fremstillingen av høyteknologiske sektorer (Bye mfl., 2008). Dette er for å få frem at enkelte former for kapitalvareproduksjon er innovative og fremmer teknologisk endring. Modellen har dermed endogen vekst. Til gjengjeld er modellen mer aggregert og består av omtrent 20 næringer. Dog er aktivitetene som betyr noe i klimautslippssammenheng beholdt på samme detaljeringsnivå som i MSG6. Modellen deler også for øvrig mange av trekkene til MSG6.

Produktivitsveksten i denne modellen er av to typer. Én forsknings- og utviklings (FoU)-sektor produserer klimateknologiske nyvinninger, som vi har spesifisert ved løsninger for karbonfangst og -lagring (CCS). Den bidrar til utslippsreduksjoner fra gasskraftverk. Den resterende teknologiutviklingen er samlet i den andre FoU-sektoren, som er langt større og bidrar til produktivitsvekst gjennom bedre produksjonsteknologier i alle sektorene. Basert på empiriske studier er det modellert eksterne kunnskapsgevinster i andre deler av økonomien av at en bedrift øker sin FoU-virksomhet. Det er også modellert ufullkommen konkurranse i markedene for klimateknologi og annen høyteknologi (men ikke i øvrige markeder).

ligger det potensielt viktige forskjeller i mellom privatøkonomiske og samfunnsøkonomiske kostnader og gevinster ved endringer i klimapolitikken. Denne typen produktivitsforskjeller kan følge av at markedene ikke fungerer godt, for eksempel preges av begrenset konkurranse, eller de kan skyldes at avgifter, skatter og subsidier "forstyrrer" prissignalene mellom tilbydere og etterspørere. Det er derfor viktig at modellene har en rik beskrivelse av slike offentlige inngrep.

Detaljert modellering av offentlige inngrep er også viktig for å kunne beregne effekter på ressursallokering og velferd av det offentliges budsjettbalansering. For eksempel vil støtte til klimateknologier kunne fortrenge andre velferdsgenererende offentlige utgifter eller kreve økte skatteinntekter og dermed gi økte skattevridninger, mens miljøavgifter og auksjonerte kvoter vil

generere inntekter og kunne gi en potensiell velferdsggevinst.

3. Analyser av nasjonale klimatiltak

I dette kapittelet ser vi nærmere på analyser av ulike klimapolitiske tiltak i Norge. Vi fokuserer på tre av våre hovedtemaer nevnt innledningsvis. Det første dreier seg om de samfunnsøkonomiske konsekvensene av å avvikle fra en innenlandsk kostnadseffektiv klimapolitikk, representert ved den differensierte CO₂-politikken. Det andre temaet tar for seg analyser av grønne skatterformer hvor en kostnadseffektiv nasjonal klimapolitikk i form av uniform CO₂-avgift kombineres med proveny-nøytrale reduksjoner i andre samfunnsøkonomisk ineffektive skatter. Det tredje temaet omhandler utslipp-slekkasjer over landegrensene. For klimautfordringen er det globale utslippsnivåer som betyr noe. Et svært

relevant spørsmål blir da om utslippsreduksjonene en oppnår, kan bli motsvart av økte utslipp i utlandet.

3.1. Kostnader ved den differensierte CO₂-politikken

Den differensierte CO₂-avgiften ble innført i 1991. Avgiften varierte fra 0 til nærmere 360 kroner⁷ per tonn CO₂ med de høyeste satsene på bensin og utslipp fra petroleumsutvinning. Store utslippskilder som metallindustrien og kjemisk råvareproduksjon ble fritatt for avgiften. Systemet slik det var i 1999, er gitt i tabell 1. Det har i all hovedsak holdt seg uendret (med konsumprisindeksjusterte satser) nesten frem til i dag og er grunnlaget for de analysene vi omtaler her.⁸ Systemet er også blitt supplert med frivillige avtaler mellom staten og de utslippsintensive industrisektorene som ikke er underlagt avgifts- eller kvotesystemene.

De samfunnsøkonomiske kostnadene ved den differensierte CO₂-politikken er analysert i Bye og Nyborg (2003). Studien isolerer velferdsvirkningen av å gå fra det differensierte systemet presentert i tabell 1 til et system der avgiftssatsen er lik for alle utslippskilder. Dette gjøres ved å holde CO₂-utslippene uendret og ved å se bort fra velferdsvirkninger av at det offentlige provenyet endres.⁹ De finner en liten samfunnsøkonomisk velferdsgevinst, på i underkant av 0,1 prosent; se tabell 2. At det differensierte CO₂-avgiftssystemet fører til et velferdstap er i tråd med andre studier, blant annet Böhringer og Rutherford (1997) i en analyse for tysk økonomi. Det norske tilfellet var imidlertid unikt, fordi det representerte et eksisterende ineffektivt CO₂-avgiftssystem med utslippsreducerende effekt.

At velferdsbidraget er lite, henger først og fremst sammen med at reformen tross alt er liten for økonomien sett under ett. I tillegg rammer de høye avgiftssatsene i stor grad aktører som i liten grad endrer sin tilpasning. Det gjelder spesielt petroleumsselskapene hvor investeringer og produksjon i liten grad påvirkes av endringer i CO₂-avgiften. At velferdsbidraget er positivt, skyldes for det første at det uniforme systemet utløser billigere utslippsreduksjoner. For det andre får vi en positiv velferdseffekt av at sysselsettingen totalt sett øker. Siden arbeidstilbudet er relativt sterkt beskattet, både direkte og indirekte, er den samfunnsøkonomiske avkastningen av økt arbeidstilbud større enn den privatøkonomiske avkastningen. Grunnen til økningen i arbeidstilbudet er at uniformeringen av avgiften innebærer et fall i CO₂-avgiftsbelastningen for husholdningene, og dermed øker reallønnen. Den nye

Tabell 1. CO₂-avgiftssystemet. 1999. kr per tonn CO₂

Brensler	
Bensin	397.00
Lett fyringsolje, diesel	173.20
Tung fyringsolje	148.00
Kull til energiformål	189.40
Koks til energiformål	144.00
Kull og koks til prosesser (ferro-, karbid- og aluminiumsindustri)*	0.00
Gass (landbasert, ikke del av petroleumsskatteloven) ¹	0.00
Nordsjøen, petroleumsutvinning	
Oljeutvinning	335.10
Naturgassutvinning	381.00
Næringer med reduserte satser:	
Trevareindustri, Sildemelindustri:	
Lett fyringsolje, transportoljer (parafin, diesel etc.)	86.60
Tung fyringsolje	74.10
Næringer med fritak	
Lufttrafikk	0.00
Utenriks sjøfart	0.00
Innenriks sjøfart	0.00
Fiske i norske farvann	0.00
Fiske og fangst i utenlandsk farvann	0.00
Sement og leca produksjon	0.00

¹ Leveranser til metallindustrien og kjemisk råvareproduksjon.

Kilde: Statistisk sentralbyrå

avgiftssatsen blir beregnet til i overkant av 100 kroner per tonn CO₂ (se tabell 2) som er merkbart lavere enn i det eksisterende systemet for utslipp fra bensin og også for utslipp fra petroleumssektoren (se tabell 1).

En tredje forklaring på den samfunnsøkonomiske gevinsten er nedbygging av prosessindustrien når den blir stående overfor en uniform CO₂-avgiftssats. Ressurser som arbeidskraft og kapital kan overføres til andre sektorer i økonomien. Gevinsten fra dette skyldes at prosessindustrien i utgangspunktet har lavere samfunnsøkonomisk avkastning enn den øvrige økonomien, siden de nyter ulike skatte- og prismessige fordeler. Disse fordelene er i stor grad knyttet til lavere pris på elektriske kraft, både gjennom regulerte kjøperpriser og fritak for elektrisitetsavgift. Med slike gunstige vilkår initialt, vil en høyere CO₂-avgiftssats bidra til å korrigere for at ressursbruken i utgangspunktet er for høy i næringen fra et samfunnsøkonomisk synspunkt.

Sysselsettingsfallet i prosessindustrien peker på et viktig dilemma i norsk klimapolitikk; avgiftsfritakene i industrien, samt de øvrige fordelene sektoren står overfor, er stort sett begrunnet med regional- og sysselsettingspolitiske hensyn. Disse hensynene står i tydelig konflikt med hensynet til så vel sysselsettingen som velferden for landet som helhet; for de fleste andre næringer og for husholdningene er en overgang til uniform CO₂-avgift fordelaktig.

⁷ 1992-kroner

⁸ Tilknytningen til de flernasjonale kvotesystemene fra 2008 har ført til noen endringer. Det har også vært enkelte satsendringer underveis som ikke skyldes vanlig indeksregulering, se for øvrig avsnitt 4.2. Detaljer rundt utviklingen i CO₂-avgifter og kvotesystemer er nærmere omtalt i Finansdepartementet (2007).. Finansdepartementet (2008) gir en oversikt over dagens system.

⁹ Overgangen til en uniform CO₂-avgift gir et netto provenytap for det offentlige på om lag 1,5 milliarder kroner som dekkes inn ved reduksjoner i overføringer som ikke skaper realøkonomiske effekter i modellen.

Tabell 2. Nasjonale reformer fra differensiert til uniformt system. Prosentvise endringer i forhold til referansebanen

	CO ₂ -pris ¹	Utslipp	Velferd
Bye & Nyborg (2003)	103	0	0,07
Bruvold og Larsen (2004)	0	2,3	0,1
Bruvold og Fæhn (2006)	108 til 480	0 til -25	-0,5

¹ kroner per tonn CO₂.

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

For å identifisere effekten av det differensierte systemet for CO₂-avgift på så vel samfunnsøkonomiske kostnader som utslipp, benytter Bruvold og Larsen (2004) likevektsmodellen til å fjerne hele CO₂-avgiften. Heller ikke her tas det hensyn til provenyeffekter. De finner at CO₂-utslippene ville økt med 2,3 prosent uten avgiftssystemet. Denne beskjedne effekten reflekterer at avgiften dels er lagt på aktører som i liten grad endrer atferd, slik som petroleumsselskapene og privatbilister. Avgiften utgjør også en relativt liten del av den totale prisen på drivstoff, i underkant av 10 prosent. Avgiften har forholdsvis store effekter på fordelingen innad i konsumet og produksjonen, ved at bl.a. veitransport reduseres forholdsvis mye, men de makroøkonomiske effektene på bruttonasjonalprodukt og privat konsum er tross alt små. Elimineringen innebærer en velferdsgevinst på 0,1 prosent.

Selv om disse to analysene indikerer at det vil være mulig å redusere utslippene noe uten samfunnsøkonomiske kostnader, dersom man går over til et uniformt avgiftssystem, vil ambisiøse unilaterale tiltak innebære velferdstap. Bruvold og Fæhn (2006) studerer kostnadene ved et unilateralt mål om reduksjoner i karbonutslippene på 25 prosent. Ambisjonene trappes gradvis opp frem mot 2030. Målet nås ved en uniform, nasjonal kvotepris, som starter på 108 kroner i år 2000¹⁰, om lag i samme område som Bye og Nyborg (2003). De første 10-20 årene holder utslippsprisen seg under de høyeste satsene i det differensierte systemet. I 2030 ender kvoteprisen på 480 kroner, i overkant av 80 kroner over referansebanens høyeste sats.

Alt i alt finner studien et langsiktig velferdsfall på om lag 0,5 prosent. Det høye ambisjonsnivået utover i banen innebærer altså samfunnsøkonomiske kostnader, selv om de dempes av gunstige allokeringseffekter som er omtalt over. I tillegg kommer et trekk ved vekstbanen i denne studien som de tidligere analysene ikke inneholder. Etter 30 års vekst er gasskraftproduksjonen beregnet til å stå for oppunder halvparten av elektrisitetsproduksjonen før reformen. Mye av utslippsreduksjonene kan derfor tas i gasskraftsektoren. Dette er med på å dempe velferdskostnadene, både fordi reduksjonspotensialet utvides og fordi sektoren har relativt lav samfunnsøkonomisk lønnsomhet i referansebanen pga. gunstige offentlige finansieringsordninger.

I tillegg til velferdskostnadene, er fordelingsvirkningene mer uttalte enn i de tidligere studiene. Kostna-

¹⁰ Målt i 1999-kroner.

Tabell 3. Nasjonale grønne skattereformer, provenynøytralitet ved endringer i arbeidsgiveravgiften. Prosentvise endringer i forhold til referansebanen

	CO ₂ -pris ¹	Utslipp	Velferd
Håkonsen og Mathiesen (1997)	150 til 650	-5 til -15	0,1 til 0,0
Bye (2000a)	360	-7,9	0,2
Bye (2000b)	700	-13,5	0,12

¹ kroner per tonn CO₂.

Kilde: Statistisk sentralbyrå.

dene til utslippsintensive sektorer som produksjon av metaller og kjemiske varer, øker med om lag 5 prosent, hvilket betyr reduserte markedsandeler. Eksportproduksjonen deres faller med nesten 20 prosent.

3.2. Grønne skattereformer

Litteraturen om grønne skattereformer ser på i hvilken grad det er mulig å vri skattesystemet i mer miljøvennlig retning, ved å legge økt vekt på effektivitetsfremmende miljøskatter og bruke det ekstra provenyet slike skatter trekker inn til å redusere andre vridende skatter som for eksempel arbeidsgiveravgiften. Hvis det både oppnås en positiv miljøgevinst og økt økonomisk velferd som følge av en provenynøytral reduksjon i en annen skatt, har vi en *sterk* dobbel gevinst, Goulder (1995a). Den teoretiske litteraturen gir generelt liten støtte til at det er mulig å oppnå en sterk dobbel gevinst, Bovenberg og de Mooij (1994), Bovenberg og van der Ploeg (1998). Slike analyser ser på stiliserte økonomier, mens faktiske økonomier har ulike markedsimperfeksjoner og langt fra perfekte skattesystemer. Dermed er ikke konklusjonene like entydige. I en oversikt over deler av den internasjonale, empiriske modell-litteraturen om grønne skattereformer finner Bye, Kverndokk og Rosendahl (2003) et mer nyansert bilde.

For Norge har Håkonsen og Mathiesen (1997) benyttet en statisk generell likevektsmodell (uten tilpasning av realkapitalen) for å analysere grønne skattereformer. De undersøker ulike nivåer på utslippsambisjonene. De varierer CO₂-avgiften, som er lik for alle kilder, fra om lag 150 til om lag 650 kroner, noe som gir utslippsreduksjoner på fra 5 til 15 prosent. Tilbakeføringen av skatteprovenyet gjøres ved å redusere arbeidsgiveravgiften. Velferdsresultatene er positive, men bare marginalt over 0; se tabell 3.

Ved hjelp av SSBs likevektsmodell ser Bye (2000a) på en tilsvarende reform, der alle utslippskilder pålegges en uniform CO₂-avgift på 360 kroner¹¹ per tonn CO₂ og hvor provenyet brukes til å redusere arbeidsgiveravgiften. Modellen er dynamisk, slik at den får frem tilpasningsendringer i kapital og sparing. I tillegg til den samfunnsøkonomiske gevinsten av å uniformere avgiften, som ble omtalt i kapittel 3.1, gir denne reformen sterkere positive effekter både av økt arbeidstilbud og av å trappe ned produksjonen i prosessindustrien. I tillegg finner analysen at sparingen samlet øker, samt

¹¹ 1992-kroner

vrisk fra real- til finanssparing. Begge disse effektene bidrar til samfunnsøkonomiske gevinster, fordi skattleggingen av sparing fører til at det spares for lite, i tillegg til at avskrivningsregler bidrar til at avkastningen av realinvesteringer er noe lavere enn avkastningen av finansinvesteringer. Velferdseffektene blir større enn i Håkonsen og Mathiesen (1997). Effektene på sparing, som ikke kommer frem i statistiske modeller, er en årsak til dette. En annen årsak er at de tar utgangspunkt i et system uten CO₂-avgift og får da heller ikke med gevinsten ved å gå fra et differensiert system til et uniformt.

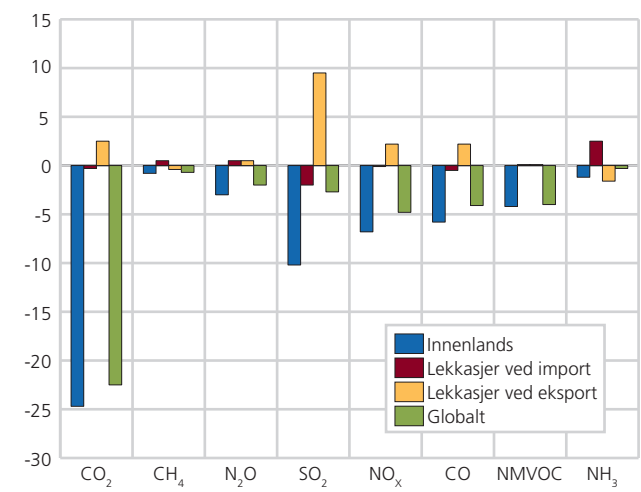
Et viktig funn både i Håkonsen og Mathiesen (1997) og i en studie av Bye (2000b) er at velferdsgevinsten av grønne skattereformer i Norge avtar når avgiften øker utover et visst nivå. Ved en uniform avgift på 700 kroner er velferdsgevinsten nesten halvert fra funnet i Bye (2000a); se Bye (2000b). Håkonsen og Mathiesen (1997) finner at for en utslippsreduksjon på 20 prosent er velferdseffekten av den grønne skattereformen negativ. Når CO₂-avgiften øker, tømmes etter hvert de positive produktivetsgevinstene av å gjøre skattesystemet uniformt og grønnere, ut. I takt med at forbruket av fossile brenslere reduseres, begrenses økningen i skatteprovenyet og fallet i arbeidsgiveravgiften avtar.

Resultatene fra de norske analysene avviker fra tilsvarende analyser for amerikansk økonomi. Verken Bovenberg og Goulder (1996) eller Goulder (1995b) finner sterke doble gevinster. En av årsakene er at det er gunstig å gå fra et ineffektivt til et effektivt avgiftssystem, som i Bye (2000a og b). En annen årsak er knyttet til den høye initiale skattleggingen av arbeidskraft i Norge i forhold til i USA, som gir en stor effektivitetsgevinst av å redusere skatten på arbeid.

En uniform CO₂-avgift er ekvivalent med et system med auksjonerte kvoter. Bye og Nyborg (2003) viser at dersom kvotene heller deles ut gratis, er det kostbart for de offentlige budsjettene. Sannsynligheten for doble gevinster ved grønne skattereformer reduseres derfor ved gratis kvoter. Dette er i tråd med for eksempel Parry mfl. (1999).

I Bye (2000a) ble også omstillingskostnader tatt med i beregningen, i form av arbeidsledighet som følge av at arbeidsstyrken i prosessindustrien ikke uten videre kan utnyttes i andre sektorer. Dette reduserte velferdsgevinsten av reformen med en uniform CO₂-avgift på 360 kroner fra 0,2 prosent til kun 0,02 prosent. Analyser av mer kortsiktige omstillingskostnader i forbindelse med økt vekt på miljøskatter bør foretas på kort- og mellomlangsigte makroøkonomiske modeller, se Bye mfl. (1989), Moum (1992) og Finansdepartementet (1996) for norske analyser, mens Barker mfl. (1993) er et eksempel på en analyse fra Storbritannia. Kostnadene blir gjerne større i disse analysene enn når CGE modeller benyttes. Slike makroøkonomiske modeller er imidlertid ofte nokså aggregerte og lite sofistikerte i sin beskrivelse av miljørelevante forhold ved økonomien, og de mangler konsistente velferds mål.

Figur 1. Innenlandske utslipp, lekkasjer gjennom økt import, lekkasjer gjennom redusert eksport og totale, globale utslipp; prosentvise endringer fra innenlandske utslipp i referansebanen



Kilde: Bruvoll og Fæhn (2006)

Reduksjonene i CO₂-utslippene i alle de omtalte analysene skyldes i stor grad lavere forbruk av fossile brenslere. Bruk av fossile brenslere har også skadelige lokale utslippseffekter. I hvilken grad reduserte CO₂-utslipp medfører en reduksjon i slike lokale skadeeffekter avhenger av hvor reduksjonen i CO₂-utslippene kommer. Hvis reduksjonen skyldes lavere utslipp fra for eksempel et gasskraftverk som ligger i et spredtbygd område, har dette mindre lokale skadevirkninger enn hvis utslippene reduseres som følge av mindre bruk av bensin og dermed bilkjøring i mer tett befolkede områder; se Johnsen mfl. (1996). Brendemoen og Vennemo (1994)¹² og Håkonsen og Mathiesen (1997) viser at tilleggsgvinstene av en høy CO₂-avgift på lokale skadeeffekter i tettbygde områder kan være betydelige.¹³

3.3. Utslippslekkasjer

Nasjonale klimautslippsmål bør ikke ses uavhengig av hva de innenlandske tilpasningene kan bety for utslipp utenfor landegrensene. Det er totaleffekten på globale utslipp som betyr noe for klimaeffektene. For små, åpne økonomier er endringer i eksport og import en hovedkanal for såkalte utslippslekkasjer, dvs. utslippintensiv aktivitet som flytter til utlandet når innenlandske bedrifter taper markedsandeler.¹⁴ Dersom redusert tilgang på norske produkter erstattes av økt import av de samme produktene, eller dersom reduserte norske eksportleveranser gir plass for andre internasjonale leverandører, vil utslippene øke utenlands og motvirke de innenlandske oppnåelsene. Analysen i Bruvoll og

¹² Denne analyserer effekter av en høy internasjonal CO₂-avgift og kun lump-sum overføring av økt proveny.

¹³ Rosendahl (1998) belyser også lokale eksterne virkninger av bruk av fossile brenslere.

¹⁴ Andre kanaler kan være gjennom prisreduksjoner på fossile brenslere og andre utslippintensive varer i verdensmarkedene som følge av enkeltlands politikk, samt fysisk flytting av bedrifter til land med slakkere utslippsreguleringer (Gerlagh og Kuik, 2007).

Fæhn (2006), omtalt foran, beregner effekter på slike utslippsekkasjer av den unilaterale klimapolitikken. Lekkasjeanalysen tar hensyn til de sektorvise utslipp-sintensitetene i de ulike landene norske produsenter konkurrerer med i verdensmarkedene. Figur 1 viser at utslippsekkasjer skjer, men at de er små og langt fra nøytraliserer utslippsreduksjonene hjemme. Figuren viser også at det er eksportreduksjonen som betyr mest. Det er særlig redusert eksport av kraft og industriprodukter som slår ut.

4. Nasjonale vs. flernasjonale tiltak

Det er ikke opplagt hva begrunnelsen er for å sette egne nasjonale klimapolitiske mål. Det kan være motivert av tro på at det vil påvirke det internasjonale forhandlingsklimaet i positiv retning. Det kan også være drevet frem av politiske strømninger innenlands. Uansett om utslippsekkasjene blir store eller ei, vil norske reduksjoner nødvendigvis bety lite. Gjennom Kyotoavtalen er det internasjonale samfunn ett skritt på vei i retning av koordinerte klimatilstand. EUs kvotemarked er et annet viktig internasjonalt initiativ, som Norge har knyttet seg til. Begge disse samarbeidsavtalene er viktige rammebetingelser for norsk økonomi og den nasjonale klimapolitikken. Noen studier ser på hva disse avtalene innebærer for innenlandske utslipp, kostnader, næringsstruktur og lekkasjer.

4.1. Norges oppfølging av Kyotoprotokollen

Strøm (2001) analyserer effektene av Norges forpliktelser i Kyoto-avtalen. Da studien ble gjennomført var mange av detaljene i utformingen av systemet ennå ikke fastlagt. Likevel fanger analysen opp de viktigste følgene for norsk økonomi. Norges forpliktelse er å begrense utslippsveksten fra 1990 til 1 prosent i årene 2008 til 2012. Fra referansebanen innebærer dette en reduksjon på mellom 25 og 30 prosent. Studien legger til grunn at det etableres et kvotemarked for utslippene blant landene som har påtatt seg utslippsforpliktelser og at alle utslippskildene i Norge inkluderes i dette markedet. Staten administrerer kjøp og salg av kvoter over landegrensene og auksjonerer kvotene i hjemmemarkedet.¹⁵ Studien legger til grunn en uniform pris på kvoter på 125 kroner per tonn CO₂, som gjelder for alle utslipp i Norge og for de av våre handelspartnere som er med i kvotemarkedet. I beregningene gjelder denne kvoteprisen også etter Kyoto-perioden. Denne uniforme kvoteprisen sammenliknes med et referansealternativ hvor avgiften er differensiert i henhold til avgiftssystemet av 1999, jfr tabell 1.

Analysen finner at Kyoto-forpliktelsene i all hovedsak gjennomføres ved å kjøpe kvoter. Mens utslippene hjemme reduseres med 3 prosent i forhold til referansebanen i Kyoto-perioden, kjøpes kvoter tilsvarende de resterende 22 – 27 prosentpoengene av reduksjonene. På lang sikt er den innenlandske utslippsreduksjonen

på 5,5 prosent. Gjennomføringen gir en velferdskostnad for Norge på om lag 0,6 prosent. Dette velferdstapet står i kontrast til velferdsgevinsten av unilaterale uniforme CO₂-avgifter som finnes i Bye og Nyborg (2003), Håkonsen og Mathiesen (1997) og Bye (2000 a,b) – se avsnitt 3. Forklaringen er først og fremst at store deler av myndighetenes kvotesalg til bedriftene vil måtte motsvares av myndighetenes kjøp av kvoter i utlandet. Bedriftenes innbetalinger genererer derfor ikke proveny som kan brukes til å redusere ressursvri-dende skatter i Norge. Kun kvotene Norge fikk tildelt i utgangspunktet kan auksjoneres med netto provenyinn-tekst. Arbeidsgiveravgiften kan derfor ikke reduseres i samme omfang som ved et nasjonalt avgiftssystem. Det er også lagt til grunn en reduksjon i olje- og gasspri-sene på verdensmarkedet på 4,5 prosent som følge av redusert etterspørsel fra landene som er med i Kyotoav-talen. Dette gir et bytteforholdstap som også bidrar til å forklare de samfunnsøkonomiske kostnadene.

Kostnadene i Strøm (2001) ligger mer på linje med kostnadene ved den ambisiøse unilaterale klimapolitik-ken i Bruvoll og Fæhn (2006) omtalt i avsnitt 3.1. Kost-nadene i sistnevnte er i stor grad knyttet til at landet tvinges til å gjøre alle utslippsreduksjonene hjemme til langt høyere marginalkostnader enn i Kyoto-systemet. Det betyr ikke at utslippsreduksjonene globalt blir høyere i Bruvoll og Fæhn (2006). Tvert i mot oppnår Strøm (2001) totalreduksjoner på 25 prosent allerede i 2010, mens dette først oppnås i 2030 i Bruvoll og Fæhn (2006). Tar vi også hensyn til utslippsekkasjene gjen-nom handelen, står Kyotoavtalen frem som enda mer gunstig sett i forhold til det ambisiøse, unilaterale regi-met i Bruvoll og Fæhn (2006). Siden mange av Norges handelspartnere også deltar i Kyoto-samarbeidet, skjer det svært lite med utslippsekkasjene gjennom hande-len (Fæhn og Bruvoll, 2009). For den samme velferds-kostnaden får man altså mye mer klimaeffekt innenfor Kyoto-samarbeidet enn ved unilaterale tiltak.

4.2. Nasjonale mål innenfor internasjonale samarbeid

Etableringen av EUs kvotemarked for CO₂-kvoter og beslutningen om å knytte Norges kvotesystem til EUs, legger ytterligere rammer for norsk økonomi og den na-sjonale klimapolitikken. I inneværende fase fra 2008 til 2012 er om lag 40 prosent av norske utslipp regulert via det norske kvotesystemet som er knyttet til EUs kvote-system (EU-ETS). Utslippene som omfattes av EU-ETS har ikke CO₂-avgift, med unntak av petroleumssektoren som betaler en rest CO₂-avgift slik at samlet pris på CO₂-utslipp blir som tidligere CO₂-avgift. Restsektoren omfatter de resterende 60 prosent av utslippene, hvor det differensierte CO₂-avgiftssystemet består. 25-30 prosent av utslippene er fortsatt utenfor kvote- og av-giftssystemet. Kyoto-avtalen begrenser fortsatt samlede utslipp fra Norge i Kyoto-perioden 2008-2012.

Bjertnæs mfl. (2007) tar innover seg disse internasjonale samarbeidsavtalene og ser på ulike politikkalternati-ver, når det også er tilleggsmålsettinger hos myndighe-

¹⁵ Studien spesifiserer ikke de grønne mekanismene i Kyoto-avtalen, som åpner for utslippsreducerende direkte investeringer i prosjekter i tillegg til kvotehandelen.

tene om at større utslippsreduksjoner skal tas hjemme. Ovenfor har vi argumentert for at ved unilaterale mål, vil det være velferdsfremmende å sette lik utslippspris for alle innenlandske kilder. For de norske bedriftene som omfattes av EUs kvotesystem, ville imidlertid særlige nasjonale utslippsbegrensninger få sitt nøyaktige motsvar i økte utslipp i andre EU-land. Studien ser derfor på hvordan politikken for å nå et nasjonalt utslippsmål bør utformes overfor utslippskildene utenom EUs kvotesystem. Det settes med andre ord restriksjoner på bruk av Kyoto-mekanismene. Studien tar utgangspunkt i et kostnadseffektivt referansesystem, der prisen på CO₂-utslipp er den samme i EU-ETS markedet, restsektoren og i det internasjonale kvotemarkedet (Kyotokvotemarkedet). Prisen på CO₂-utslipp er anslått til 150 kroner og bestemt i det internasjonale kvotemarkedet. Dette kostnadseffektive systemet sammenliknes med ulike scenarier for politikktiltak overfor restsektoren når det foreligger tilleggsmålsettinger som reduserer nasjonale utslipp med 2 ½ prosent. De ulike scenarioene er proveny-nøytrale ved at arbeidsgiveravgiften endres.

Studien finner at velferdstapet blir vel 0,1 prosent større dersom den nødvendige økningen i CO₂-avgiftene gjøres ved samme proporsjonale økning i alle satser fra dagens differensierte system, enn dersom CO₂-avgiften i restsektoren gjøres uniform. Selv når en bare studerer reformer overfor restsektoren, bekreftes altså de foregående resultatene om at differensiering er kostbart.

Mens Bjertnæs mfl. (2007) undersøker hva det koster å ha tilleggsmålsettinger fremfor ikke å ha det, kan en beslektet problemstilling være hva det koster å gå alene fremfor å få med seg resten av verden på tilsvarende ambisjoner. Det er flere kilder til velferdsgevinster av å inngå samarbeid. Valgmulighetene for aktørene øker ved at man kan velge å kjøpe kvoter ute. Det reduserer kostnadene både for de private og for samfunnet. Siden utslippsprisen er global, vil ikke norske bedrifter tape konkurransevne på grunn av klimapolitikken. Dermed holdes lønningene oppe i forhold til i det unilaterale regimet, slik at arbeidstilbudet blir høyere og velferdstapet av arbeidsbeskatningen mindre.

Det er vesentlig hvem man får med seg. I en begrenset koalisjon, eksempelvis som i EU-ETS, vil for det første marginalkostnadene ved utslippsreduksjoner være høyere enn i et globalt samarbeid. For det andre kan konkurransevneeffektene bli mer kostbare. Selv ved et begrenset internasjonalt initiativ, som EU-ETS eller Kyoto-avtalen (eks. Strøm, 2001), kan verdensmarkedsprisene på olje og gass falle og bidra til bytteforholdstap for Norge, dvs. kjøpekraften til eksporten faller. I et mer globalt kvoteregime kan imidlertid bytteforholdet alt i alt forbedres, særlig etter hvert som petroleumseksperten får mindre betydning for norsk økonomi. Grunnen er at i markedene for industriprodukter konkurrerer norske bedrifter først og fremst med land utenfor Kyoto og EU-ETS-samarbeidet. De vil tjene på likere rammebetingelser som vil øke verdensmarkedsprisene. Det

pågår for tiden studier i SSB som ser på disse problemstillingene.

5. Teknologifleksibilitet

I modellstudiene vi har omtalt til nå, har kostnadene for samfunnet ved avgifter eller andre reguleringer bestått i at bedrifter og husholdninger justerer de utslippsintensive aktivitetene ned til nivåer de ellers ikke ville valgt. Studiene har tatt hensyn til at sammensetningen av innsatsfaktorene, konsumet og næringsstrukturen kan endres, men ikke teknologivalgene. Inntil de seneste årene var dette typiske antakelser i økonomiske modellstudier av klimapolitikk. Flere analyser har etter hvert tatt hensyn til teknologiske endringer, enten ved å utvikle hybridmodeller hvor energisystemmodeller og makroøkonomiske modeller integreres, eller ved å modellere klimateknologisk utvikling endogen som et resultat av bevisste, økonomisk motiverte valg. For introduksjon til det internasjonale arbeidet med hybridmodeller, se The Energy Journal (2006). Löschel (2002) og Bye mfl. (2009) omtaler mange av de senere års bidrag for å endogenisere teknologisk utvikling. I SSB er det utført analyser av begge typer.

5.1. Analyser med hybridmodellering av teknologisk tilpasning

Energisystemmodeller som for eksempel MARKAL (ETSAP, 2004) er partielle, tekniske modeller av tilbudssiden i energisystemet i en økonomi. Institutt for energiteknikk, IFE, bruker en slik modell for det norske energisystemet. SSBs likevektsmodell er samkjørt med IFEs MARKAL-modell for å undersøke kostnader ved relativt ambisiøse klimautslippsendringer. På oppdrag fra Lavutslippsutvalget, LUU (Miljøverndepartementet, 2006), tok Åvitsland (2006) inn kostnader og utslippsreduksjoner i MSG6 ved en rekke tiltak, hovedsakelig basert på informasjon fra MARKAL-modellen til IFE. Mens noen tiltak, som energieffektivisering i bygninger og omlegging av landtransport, ble anslått å være lønnsomme, altså ha negative kostnader, var de dyreste på rundt 900 kroner pr tonn CO₂. Tiltakene ble innarbeidet i makromodellen MSG6 som sektorspesifikke påbud om teknologiskifte. De innebar således svært ulike marginalkostnader for ulike deler av økonomien, som kom på toppen av det differensierte avgiftssystemet i referansebanen. Til tross for at denne politikken dermed var svært ineffektiv, bidro de optimistiske antakelsene om store, lønnsomme utslippsreduksjoner til at kostnadene ved politikken totalt sett ble svært små, tilsvarende 0,1 prosent reduksjon i konsummulighetene på lang sikt. Utslippseffektene er store. I 2050 har utslippene falt med 70 prosent i forhold til referansebanen.

Når energieffektivisering i bygninger og omlegging av landtransport er lønnsomme prosjekter uansett, bør de ikke betraktes som resultat av klimapolitikk. Holder vi disse utenfor, finner studien en kostnad på 0,7 prosent reduksjon i konsumet, altså ikke mye høyere enn i Kyoto-studien i Strøm (2001) eller ved tilfellet med 25 prosent utslippsreduksjon i 2030, som i Bruvoll og Fæhn (2006). Tilsynelatende er altså teknologitil-

tak løsningen på hvordan en skal nå høye, langsiktige klimaambisjoner, og studier som ikke innarbeider dette overvurderer de samfunnsøkonomiske kostnadene.

Men det er grunn til å anta at kostnadsanslagene fra LUU som ble lagt inn i modellen, er for lave. De ligger lavere enn tilsvarende anslag for verden som helhet – se for eksempel Stern (2007; 2008). Det virker urimelig, da de billigste og langt de fleste tiltakene i globale analyser ligger utenfor land som Norge. Én forklaring på de lave anslagene, er at LUU la til grunn produktivetsgevinster som følge av læring over tid. Siden teknologiinvesteringene skulle gjennomføres som særnorske tiltak, er det ikke rimelig å anta særlig grad av læring. Når de enkelte aktører ikke kan velge å redusere aktivitetene fremfor å investere i de nye teknologiene, og når kostnadene er så lave som her antatt, vil det ikke føre til særlig store tilpasningsendringer i likevektsmodellen. Dermed tilførte en makroøkonomisk analyse lite utover det som ble lagt inn av eksogene anslag om teknologi og utslippsreduksjoner.

I pågående studier arbeides det nå med å videreføre idéene fra Åvitsland (2006) ved å inkludere teknologitilpasninger i MSG6-modellen, enten ved å samkjøre MARKAL og MSG6 eller ved å integrere teknologitilpasninger fullstendig i MSG6. Informasjonsgrunnlaget i det siste prosjektet inkluderer en lang rekke analyser og kilder.

5.2. Studier med endogen teknologiutvikling

I de senere årene har Statistisk sentralbyrå utviklet en modell for studier av klimapolitikk og teknologisk endring; se nærmere beskrivelse i boks 1. Den inkluderer FoU innenfor klimateknologi, med Norges sterke sat-sing på å være i forskningsfronten innenfor utvikling av karbonsekvestreringsteknologi, såkalt CCS-teknologi, som et eksempel. Fordelen med denne modelltilnærmingen for å inkludere teknologi, er at den tar innover seg hvordan renseteknologiene forbedres og utvikles avhengig av etterspørselen og forskningsaktiviteten. Den ser imidlertid foreløpig bare på kraftsektorens teknologitilpasninger, og er slik sett begrenset i forhold til hybridtilnærmingene beskrevet over som spesifiserer ulike klimateknologier.

Modellen inkluderer også produksjonen innenfor annen høyteknologisk forskning og gevinstene i form av økt faktorproduktivitet i andre deler av økonomien. Den kan derfor sammenligne effektene av å satse på klimateknologi fremfor annen, produktivetsfremmende forskning. Modellen har blant annet vært brukt til å se på effekter av å prise CO₂-utslipp for CCS-forskningen og for CO₂-reduserende bidrag gjennom implementeringen av CCS i gasskraftsektoren (Bye og Jacobsen, 2009). Siden modellen tar hensyn til kunnskapskster-naliteter mellom bedrifter, gir karbonprising tilleggs-gevinster i form av å stimulere etterspørselen etter CCS-teknologier og FoU. Det vil være fornuftig fra et velferdssynspunkt å utvide klimapolitikken til også å inkludere subsidier til CCS-forskning direkte eller

gjennom investeringsstøtte til CCS. Resultatene tyder imidlertid på at det ikke bør drives selektiv støtte til slik forskning på bekostning av annen, generell forskning. Og slik støtte skal ikke brukes som substitutt for karbonprising. Disse to formene for klimapolitikk er komplementære.

I Heggedal og Jacobsen (2008) er temaet hva som er optimal tidsprofil for støtten til teknologiutvikling av CCS. Studien viser at uavhengig av tidsprofilen for karbonprisen, gir det størst samfunnsøkonomisk velferd å gi mest støtte til klimateknologiutvikling i begynnelsen av tidsperioden. Årsaken er at eksternalitetene i kunnskapsmarkedene er størst for lave nivåer på teknologi-en. Også denne studien viser at den positive effekten på velferden av teknologiutviklingsstøtte øker med nivået på CO₂-avgiften.

6. Oppsummering og konkluderende merknader

Denne artikkelen oppsummerer mye av forskningen basert på anvendte generelle likevektsmodeller om samfunnsøkonomiske kostnader ved klimatilak i Norge. Ett av formålene har vært å belyse valgmuligheter og dilemmaer for norske myndigheter i utforming av klimapolitikken fremover. Et annet hovedformål har vært få frem hvilke kostnadselementer som er viktige å ta hensyn til i denne typen analyser for Norge.

En hovedkonklusjon er at det koster lite med klimautslipps-reduksjoner dersom de gjennomføres ved å harmonisere marginalkostnaden ved utslipp på tvers av alle kilder. Dette gir isolert sett en samfunnsøkonomisk gevinst, siden dagens differensierte system er ineffektiv klimapolitikk. Analysene viser også at slik politikk har fordelings effekter, ved at utslippsintensive eksportsektorer rammes særlig hardt.

Studiene viser at det er mulig å oppnå sterke doble gevinster ved grønne skattereformer, dvs. både lavere utslipp og økt økonomisk velferd, hvis inntektene fra en harmonisert CO₂-avgift benyttes til å redusere andre vridende skatter som for eksempel arbeidsgiveravgiften. En del av elementene i de klimapolitiske alternativene vi har gjennomgått, bidrar til å redusere det finanspolitiske rommet som trengs for å oppnå doble gevinster. Vi har sett at deltakelse i internasjonale kvotermarkeder fordrer kjøp av utslippskvoter utenlands, som reduserer myndighetenes budsjetter. Det samme gjør utdeling av gratiskvoter eller støtte til teknologiutvikling og -implementering.

Norge har knyttet seg til flernasjonale klimapolitiske initiativ. Dette er fornuftig politikk. Kostnadene ved gitte globale klimaambisjoner reduseres for samarbeidspartnerne. Hvor mye Norge sparer på samarbeid fremfor å gå alene, vil blant annet avhenge av hvilke land som er med. Dette vil påvirke hvor billig reduksjoner kan gjøres innenfor samarbeidet og virkninger på konkurranseevne og bytteforhold.

Samlet sett identifiserer analysene en del kostnads-elementer som er viktige å ta hensyn til i denne typen analyser for Norge. For det første peker de på en rekke offentlige inngrep som har stor betydning for kostnadsanslagene, der arbeidsbeskatningen og reguleringene av elektrisitetsprisene til prosessindustrien særlig spiller en rolle. Studiene finner også signifikante og relevante effekter av markedsufullkommenheter i arbeidsmarkedene ved lav mobilitet og arbeidsledighet, og i FoU-markedene ved kunnskapseksternaliteter mellom bedrifter. Funnene knyttet til omstillingskostnadene i arbeidsmarkedet antyder at også andre overgangskostnader burde undersøkes. Det ville vært nyttig å få integrert omstillingskostnader som følge av vraking av kapitalutstyr, flyttekostnader etc. i velferdsanalyser som dette.

Kostnader ved at tiltak blir mindre effektive som globale tiltak som følge av utslippsekkasjer, viser seg å være relativt beskjedne. Lekkasjeene er forsvinnende små når politikken er flernasjonale.

Analysen som tar hensyn til at teknologien er fleksibel på noe sikt, finner at kostnadene er vesentlig lavere ved utslippsreduksjoner og at utslippseffekten av en gitt utslippsprising øker. Det er altså et viktig satsningsfelt å få integrert de faktiske valgmulighetene aktører står overfor - i form av både teknologiske investeringer og ulike aktivitetsjusteringer - i ett og samme rammeverk.

Referanser

Alfsen, K. H., T. Bye og E. Holmøy (1996): *MSG-EE: An applied general equilibrium model for energy and environmental analyses*, Sosiale og økonomiske studier 96, Statistisk sentralbyrå.

Barker, T., S. Baylis and P. Madsen (1993): A UK carbon/energy tax. The macroeconomic effects, *Energy Policy* 21(3), 296-308.

Bjertnæs, G.H., C. Hagem og B. Strøm (2007): *Beregninger av økonomiske konsekvenser av ulike klimapolitiske scenarioer*. Appendiks 3, NOU 2007:8, En vurdering av særavgiftene, Det kongelige finansdepartement.

Bovenberg, A. L. og R. A. de Mooij (1994): Environmental levies and distortionary taxation, *American Economic Review*, 84(4), 1085-1089.

Bovenberg, A. L. og L. H. Goulder (1996): Optimal environmental taxation in the presence of other taxes: General-equilibrium analyses, *American Economic Review*, Vol. 86 (4), 985-1000.

Bovenberg, A. L. og F. v. d. Ploeg (1998): Consequences of environmental tax reform for unemployment and welfare, *Environmental and Resource Economics*, 12(2), 137-150.

Brendemoen, A. og H. Vennemo (1994): A climate treaty and the Norwegian economy: A CGE assessment, *Energy Journal* 15(1), 77-93.

Bruvoll A., og B. M. Larsen (2004): Greenhouse gas emissions in Norway: Do carbon taxes work? *Energy Policy* 32, 493 – 505.

Bruvoll, A. og T. Fæhn (2006): Transboundary effects of environmental policy: Markets and emission leakages, *Ecological Economics* 59/4, 499-510.

Bye, B., T. Bye og L. Lorentsen (1989): SIMEN – Studies of industry, environment and energy towards 2000, Discussion Papers 44, Statistisk sentralbyrå.

Bye, B. (2000a): *Labour market rigidities and environmental tax reforms: Welfare effects of different regimes*, i "Harrison, G. W., L. Haagen Pedersen, T. F. Rutherford and S. E. Hougaard Jensen (eds): "Using Dynamic Equilibrium Models for Policy Analysis", 259-294, North-Holland.

Bye, B. (2000b): Environmental tax reform and producer foresight: An intertemporal computable general equilibrium analysis, *Journal of Policy Modeling*, Vol. 22, No. 6, 719-752.

Bye, B. og K. Nyborg (2003): Are Differentiated Carbon Taxes Inefficient? A General Equilibrium Analysis, *Energy Journal* 24 (2), 2003, 1-18.

Bye, B., T. Fæhn, T.R. Heggedal, K. Jacobsen og B. Strøm (2008): *An innovation and climate policy model with factor-biased technological change: A small, open economy approach*, Rapport 22/2008, Statistisk sentralbyrå.

Bye, B. (2008): Macroeconomic modelling for energy and environmental analyses: Integrated economy-energy-environmental models as efficient tools, Documents 2008/14, Statistisk sentralbyrå.

Bye, B., T. Fæhn og T. R. Heggedal (2009): Er teknologipolitikk et egnet virkemiddel i den norske klimapolitikken? *Samfunnsøkonomen*, 2009/6.

Bye, B. og K. Jacobsen (2009): On general versus emission saving R&D support, Discussion Papers 584, Statistisk sentralbyrå.

Böhringer, C. og T. Rutherford (1997): Carbon taxes with exemptions in an open economy: A general equilibrium analysis of the German tax initiative, *Journal of Environmental Economics and Management* 32, 189-203.

ETSAP 2004. Energy Technology Systems Analysis Program: Documentation for the MARKAL Family of Models. <http://www.etsap.org/documentation.asp>.

- Finansdepartementet (1996): *Grønne skatter – en politikk for bedre miljø og høy sysselsetting*, NOU 1996:9.
- Finansdepartementet (2007): *En vurdering av særavgiftene*, NOU 2007:8.
- Finansdepartement (2008): *Skatter og avgifter*, St.meld. nr. 1 (2008-2009).
- Finansdepartement (2009): *Perspektivmeldingen 2009*. St.meld. nr. 9. (2008-2009).
- FN (1992): *The United Nations Framework Convention on Climate Change UNFCCC*.
- Fæhn, T. og A. Bruvoll (2009): Richer and Cleaner - at Others' Expense? *Resource and Energy Economics* 31(2), 103-122.
- Gerlagh, R. og O. Kuik (2007): Carbon Leakage with International Technology Spillovers; <http://www.feem.it/NR/rdonlyres/DA90131F-7766-4698-9934-7FFE-44FA8239/2298/3307.pdf>
- Goulder, L. H. (1995a): Environmental taxation and the double dividend: A reader's guide, *International Tax and Public Finance* 2, 157-183.
- Goulder, L. H. (1995b): Effects of carbon taxes in an economy with prior tax distortions: An intertemporal general equilibrium analysis, *Journal of Environmental Economics and Management* 29, 271-297.
- Goulder, L. H., I. W. H. Parry, R. C. Williams, and D. Burtraw (1999): The Cost-Effectiveness of Alternative Instruments for Environmental Protection in a Second-Best Setting, *Journal of Public Economics* 72, 329-360.
- Heggedal, T. R. og K. Jacobsen (2008): Timing of innovation policies when carbon emissions are restricted: an applied general equilibrium analysis, Discussion Papers 536, Statistisk sentralbyrå.
- Heide K.M., E. Holmøy, L. Lerskau og I.F. Solli (2004): *Macroeconomic Properties of the Norwegian Applied General Equilibrium Model MSG6*. Rapport 2004/18, Statistisk Sentralbyrå.
- Hoel, M., C. Grorud og I. Rasmussen (2007): *Makroøkonomiske analyser innen miljøområdet*, TemaNord 2007:557, Nordisk ministerråd, København.
- Håkonsen, L. og L. Mathiesen (1997): CO₂-stabilization may be a "no-regrets" policy, *Environmental and Resource Economics* 9, 171-198.
- Johansen, T. A., B. M. Larsen og H. T. Mysen (1996): *Economic impacts of a CO₂-tax*, in K. Alfsen, T. Bye og E. Holmøy (eds.), «MSG-EE: An Applied General Equilibrium Model for Energy and Environmental Analyses», Sosiale og økonomiske studier 96, Statistisk sentralbyrå.
- Jorgenson, D. W. og P. J. Wilcoxon (1993): Reducing U.S. carbon emissions: An econometric general equilibrium assessment, *Resource and Energy Economics* 15, 7-25.
- Löschel, A. (2002): Technological Change in Economic Models of Environmental Policy: A Survey, *Ecological Economics* 43, 105-126.
- Mathiesen, L. (1996): *Grønn skattereform: Beregning av noen konsekvenser*, SNF-rapport 30/96, Senter for samfunns- og næringslivsforskning, Bergen.
- Miljøverndepartementet (2006): *Et klimavennlig Norge*, NOU 2006:18.
- Miljøverndepartementet (2007): *Norsk klimapolitikk*, St.meld. nr. 34 (2006-2007).
- Moum, K. (ed.) (1992): *Klima, økonomi og tiltak – KLØKT*, Rapporter 92/3, Statistisk sentralbyrå.
- Parry, I. W. H., R. C. Williams III og L. H. Goulder (1999): When can carbon abatement policies increase welfare? The fundamental role of distorted factor markets, *Journal of Environmental Economics and Management* 37, 52-84.
- Rosendahl, K. E. (ed.) (1998): *Social costs of air pollution and fossil fuel use*, Sosiale og økonomiske studier 99, Statistisk sentralbyrå.
- Stern, N. mfl. (2007): *The economics of climate change*, Cambridge UK, University Press, Cambridge.
- Stern, N. (2008): *Key elements of a global deal on climate change*, London School of Economics and Political Science, London.
- Strøm, B. (2001): Velferdseffekter og samfunnsøkonomiske kostnader ved Norges oppfølging av Kyotoprotokollen. Masteroppgave, Økonomisk institutt, Universitetet i Oslo.
- Strøm, Birger. (2007): *Utslippsregnskap 1990-2004: Etablering av datagrunnlag for likevektsmodeller: Teknisk dokumentasjonsnotat*, Notater 2007/13, Statistisk sentralbyrå.
- The Energy Journal (2006): Special issue on hybrid modeling of energy-environment policies: reconciling bottom-up and top-down, October 2006.
- Åvitsland, T. (2006): *Reductions in greenhouse gas emissions in Norway - calculations for the Low Emission Commission*, Rapport 2006/44, Statistisk sentralbyrå.