

Kva ligg bak utviklinga i klimagassutsleppa på 1990-tallet?

**Annegrete Bruvoll og
Bodil Merethe Larsen**

Utsleppa av klimagassane CO₂, metan og lystgass auka med 15 prosent i løpet av 1990-åra, men utsleppsveksten var likevel langt lågare enn den økonomiske veksten. Grunnen til at klimautsleppa ikkje auka like raskt som bruttonasjonalproduktet er hovudsakeleg meir effektiv energiutnytting, auka bruk av energitypar som gjev mindre utslepp og tiltak retta mot prosessutslepp. Samanlikna med disse effektane finn vi at avgifta på CO₂ som vart innført i 1991 berre har spela ei mindre rolle. Klimaavgifta er sett på som det viktigaste klimapolitiske verkemiddelet, og i 1999 var gjennomsnittsavgifta 165 kroner per tonn CO₂, noko som er svært høgt i internasjonal samanheng. Men i vårt overslag finn vi at avgifta reduserte CO₂-utsleppa med berre 2 prosentpoeng. Avgifta varierer sterkt mellom sektorar, og på mange måtar er den høgast der den verkar minst og omvendt. Konkurransesette sektorar, der avgifta ville ha medført store omstillingar, har omfattande unntak, medan oljesektoren og transportsektoren som i liten grad let seg påverke har relativt høge satsar.

Bakgrunn

Norge baserer sin klimapolitikk på ein føresetnad om at Kyoto-protokollen vil bli sett i verk, noko som inneber at dei norske klimagassutsleppa maksimalt kan ligge 1 prosent over 1990-nivået i 2008-2012. Den vidare utforminga av klimapolitikken her til lands vil mellom anna basere seg på erfaringane frå tiltaka som vart gjennomførde på 1990-tallet. I denne perioden var det ein stor vekst i klimautsleppa, samtidig som utsleppa gjekk sterkt ned i forhold til bruttonasjonalprodukt (BNP). Spørsmåla vi fokuserer på i denne artikkelen er: Kva var drivkreftene bak denne reduksjonen, og kva har vore bidraget frå CO₂-avgifta?

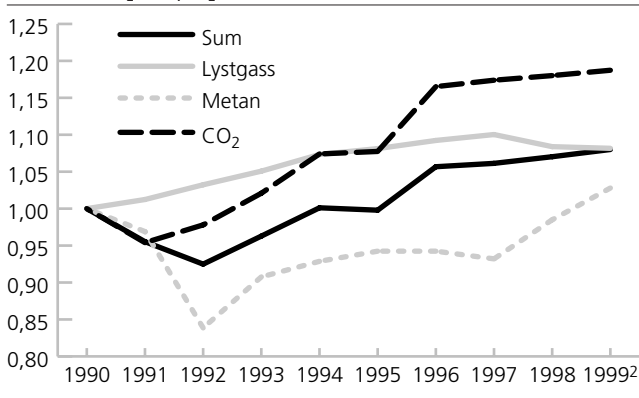
Endringar i relative priser mellom elektrisitet og fossile brensel, mellom anna påverka av CO₂-avgifta, vil gje seg utslag i val av energivarer og meir eller mindre energiintensive teknologiar. Prisendringar påverkar vidare samansetning av sektorar, totalproduksjon og utslepp. Over tid vil både bedrifter og hushald gå over til meir energieffektive teknologiar. Dette blir dels drive fram av endringar i energiprisane, dels av generell teknologisk framgang. Både generell teknisk framgang og avgifter på fossile brensel trekkjer i retning av reduserte utslepp. Men samtidig trekkjer vekst i ei

rekke forureinande næringar, som oljesektoren og kraftintensiv industri, i motsett retning. I denne analysen dekomponerer vi endringane i utslepp av CO₂, metan og lystgass frå 1990 til 1999. Dekomponeringa gjev ei detaljert skildring av verknadane av dei samla endringane i økonomien på utsleppa. Denne dekomponeringa seier i seg sjølv ikkje noko om årsakssamanhengane mellom endra prisar, avgifter, reguleringar eller generell teknologisk framgang og utsleppa. Vi kan likevel peike på slike effektar ut frå det vi veit om visse direkte politiske tiltak, slik som uttak av metan frå avfallsfyllingar og avtaler med industrien. Men det er vanskelegare å skilje ut dei samla effektane av endra prisar, som er hovudmekanismen i CO₂-avgifta, utan vidare analysar.

Vi gjer derfor overslag over effekten av CO₂-avgifta gjennom ei eiga modellsimulering. Effekten av CO₂-avgifta er spesielt interessant av to grunnar: CO₂ er den dominerande klimagassen med sitt bidrag på rundt 75 prosent av totalutsleppa, og CO₂-avgifta er flagga som det viktigaste norske klimapolitiske tiltaket. Dessutan representerer CO₂-avgifta ein føregangspolitikk i den forstand at det er lite erfaringar med slike avgifter i andre land. Det er høgst aktuelt å spele på prismetrisar i det internasjonale samarbeidet om utsleppsreduksjonar, som i forslaget om handel med utsleppskvoter. Det er derfor interessant både for norske og internasjonale styresmakter å studere verknadane av avgifta, og spesielt sjå denne i samanheng med andre drivkrefter som kan bidra til reduserte utslepp.

Annegrete Bruvoll er forskar ved gruppe for Energi og miljøøkonomi (annegrete.bruvoll@ssb.no).

Bodil Merethe Larsen er forskar ved gruppe for Energi og miljøøkonomi (bodil.merethe.larsen@ssb.no).

Figur 1. Norske klimagassutslepp 1990–1999, 1990=1. CO₂, CH₄, N₂O og sum¹

¹ Dei enkelte utsleppa er vekta etter klimaeffekt per tonn, der: CO₂= 1, metan=21 og lystgass= 310.

² Førrelse tal.

Kjelde: Statistisk sentralbyrå.

Befolkningsvekst og auka BNP trekte opp utsleppa

Figur 1 viser utviklinga i utslepp over den perioden analysen dekkjer og for dei tre viktigaste klimagassane CO₂, metan og lystgass. Vi ser at utsleppa av disse tre gassane samla sett har auka med 15 prosent. For CO₂, som utgjer rundt 75 prosent av klimautsleppa, var veksten nesten 20 prosent.

For kvar av disse tre viktigaste klimagassane har vi dekomponert endringane i 8 komponentar. Dette er effekten av befolkningsvekst, av auka BNP per innbyggjar og av endringar i næringsstruktur. Vidare har vi dekomponert utsleppa knytte til energibruken i sektorvise endringar i energiintensitet og -samansetning og endringar i utslepp per energieining, medan prosessutsleppa er dekomponerte i effektar av endra materialintensitet og endra utslepp per eining materialinnsats¹. For ei ytterlegare forklaring av metoden, sjå boks 1 eller Bruvoll og Larsen (2002).

Tabell 1 viser resultatane frå dekomponeringa.² Kvar komponent i tabellen viser kor mykje utsleppa ville endra seg dersom alle andre komponentar var faste. For eksempel viser energiintensitetseffekten at dersom befolkningsvekst, BNP, sektorsamansetninga, energisamansetninga osv. hadde vore uendra, ville utsleppa av disse tre klimagassane gått ned med 7 prosent frå 1990 til 1999.

Til saman trekte *befolkningsveksten* og *skalaeffekten* (BNP per innbyggjar) utsleppa opp med respektive 5 og 30 prosent. Samtidig verka dei fleste andre faktorene i retning av reduserte utslepp.

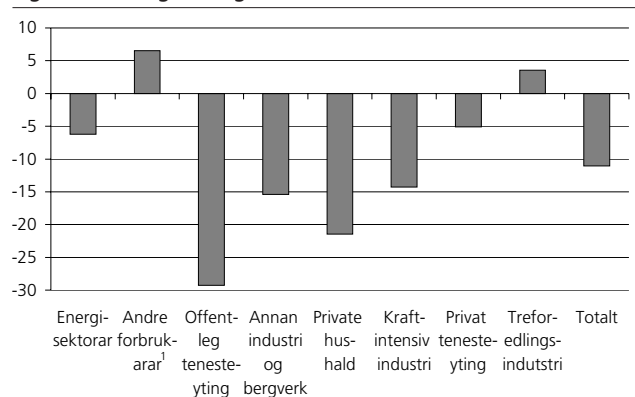
Den viktigaste utsleppsreducerande faktoren var *andre teknikeffektar for prosessrelaterte utslepp*, det vil seie lågare utslepp per materialinnsats, som isolert sett

Tabell 1. Endring i utslepp frå 1990 til 1999 og bidrag frå ulike komponentar. Prosent

Komponent	CO ₂	Metan	Lystgass	Sum ¹
Befolkning	5,0	5,0	5,0	5,0
Skala	30,4	30,4	30,4	30,4
Sektorsamansetning	2,9	-0,7	-17,7	0,1
Energiintensitet	-8,8	-1,0	-0,4	-6,9
Energisamansetning	-5,1	0,0	0,1	-5,1
Andre teknikeffektar, energi	0,0	-0,1	6,1	0,7
Materialintensitet	-1,2	-2,2	-3,8	-1,6
Andre teknikeffektar, prosess	-4,5	-23,3	-17,0	-8,5
Total endring	18,7	8,2	2,8	15,5

¹ Dei enkelte utsleppa er vekta etter klimaeffekt per tonn, der: CO₂= 1, metan=21 og lystgass= 310.

Kjelde: Statistisk sentralbyrå.

Figur 2. Endring i energiintensitet frå 1990 til 1999. Prosent

¹ Jordbruk, skogbruk og tenester knytte til disse, fiske, fangst, fiskeoppdrett, bygge- og anleggsverksemd, transport og tenester knytte til dette og rørtransport.

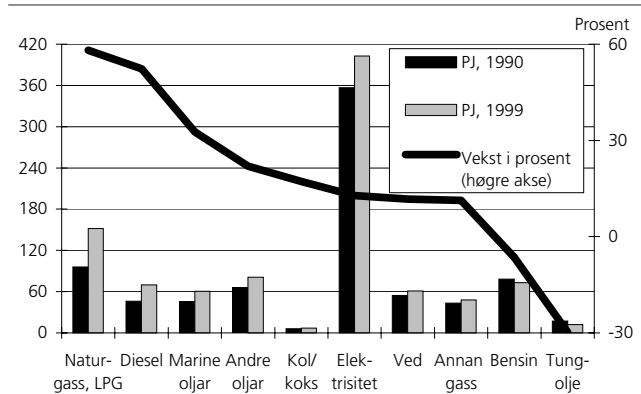
Kjelde: Statistisk sentralbyrå.

reduerte utsleppa med 9 prosent. Som nemnt kan vi ikkje lese årsaker til denne reduksjonen direkte ut av dekomponeringa, men vi veit at styresmaktene og aluminiumsindustrien på 1990-tallet forhandla seg fram til avtaler om reduksjonar av CO₂, og at uttak, avbrenning og andre tiltak mot utslepp av deponigas har gitt store reduksjonar i utsleppa av metan. Samanlikning med overslag frå Statens forureiningstilsyn (publisert i Miljøverndepartementet 2002) tyder på at mesteparten av reduksjonen i prosessutslepp av CO₂ og metan kan tilskrivas disse politiske tiltaka.

Vidare ser vi at lågare *energiintensitet* verka til å redusere dei samla utsleppa av dei tre klimagassane med 7 prosent. I gjennomsnitt over alle sektorar vart energibruken per produsert eining redusert med 11 prosent frå 1990 til 1999, men det var store variasjonar mellom sektorane, sjå figur 2. Den viktigaste årsaka var reduksjonen i energiintensitet i hushaldssektoren, på over 20 prosent. Dette skuldast i stor grad fornying av bilparken og dermed meir effektiv motorteknologi i tillegg til reduksjon i køyrelengda for personbilar (Rideng 2001). Sjølv om reduksjonen i energiintensiteten

¹ Med materialinnsats meiner vi annan produktinnsats enn energi.

² Produksjon og vareinnsats er basert på berekningar før forrige talrevisjon.

Figur 3. Energibruk og vekst i energibruk frå 1990 til 1999. PJ¹ og prosent (høgre akse)¹PJ = 10¹⁵ Joule.

Kjelde: Statistisk sentralbyrå.

var relativt låg for energisektorane, var disse sektorane nest viktigast for effekten på CO₂, sidan dei sto for over ein fjerdedel av utsleppa.

Vidare verka *energisamansetninga* til lågare utslepp av CO₂. På 1990-talet auka prisane på fyringsoljar samtidig som elektrisitetsprisen gjekk ned. Dette auka elektrisitetsforbruket, som ikkje medfører CO₂-utslepp til luft³, medan bruken av tungolje og bensin vart redusert, sjå figur 3. Ein relativt låg vekst i bruk av annan gass (enn naturgass og LPG) verka også til lågare utslepp gjennom energisamansetninga.

Prisendringar kan altså tenkjast å ha påverka dei fleste av komponentane i tabell 1. Men har CO₂-avgifta påverka utsleppa, og i kva grad har denne avgifta drive fram dei endringane vi ser, for eksempel i energiintensitet og -samansetning?

CO₂-avgifta

Sidan vi aldri kan erfare korleis økonomien ville sett ut utan klimaavgifta, nyttar vi ein økonomisk modell for å samanlikne med og utan avgift. Makromodellen MSG-6 er ein generell likevektsmodell for norsk økonomi (sjå boks 2). Modellen er basert på mange års studiar av endringar i åtferd som følgje av prisendringar og generelle økonomiske samanhengar og mekanismar og er utvikla mellom anna med tanke på studiar av miljøavgifter. Vi bereknar modellen med den innførte CO₂-avgifta, eit bilde som korresponderer med den faktiske utviklinga. Denne samanliknar vi med ein modellsimulering der avgifta er teken ut (og der vi har føresett at inntektene frå CO₂-avgifta blir tilbakeført som overføringar til hushalda). Ved denne samanlikninga kan vi gjere overslag over effekten av avgifta på utsleppa og på kvar enkelt av drivkreftene i tabell 1.

I 1999 var den gjennomsnittlege CO₂-avgifta 165 kroner per tonn. Men variasjonen mellom sektorar og energivarer var stor, frå null til nesten 400 kroner, sjå

Tabell 2. CO₂-avgifter i Norge, 1999. Kroner per tonn CO₂

Maksimal avgift	
- Bensin	397
- Kol for energiføremål	189
- Lette fyringsoljar, auto diesel mv.	173
- Tunge fyringsoljar	148
- Koks for energiføremål	144
Avgifter etter sektor og energitype	
Nordsjøen	
- Olje til forbrenning	335
- Gass til forbrenning	381
Treforedling- og sildemjølindustri	
- Lette fyringsoljar, transportoljar (bensin, diesel osv.)	87
- Tunge fyringsoljar	74
Ferrolegerings-, karbid- og aluminiumsindustri	
- Kol og koks til prosessformål	0
- Landbasert bruk av gass	0
- Sement- og lecaproduksjon	0
- Luftfart	0
- Kystfiske, fiske og fangst i fjerne farvatn	0
- Utanriks sjøfart, godstransport i innanriks sjøfart og supplyflåten	0
Gjennomsnitt for alle utslepp	
	165

Kjelde: Statistisk sentralbyrå.

Tabell 3. Forskjell mellom scenaria med og utan CO₂-avgift. Prosent

BNP	-0,06
Totalt konsum i hushalda	-0,10
bensinforbruk	-4,2
forbruk av fyringsoljar	-6,2
forbruk av ulike offentlege transportmiddel	frå 0,6 til 1,9
elektrisitetsforbruk	0,5
Produksjon av ulike offentlege transporttenester	frå 0,4 til 1,2
Produksjon i ulike industrisektorar	-0,1 til -0,8

Kjelde: Statistisk sentralbyrå.

tabell 2. Vi ser at avgifta er høgast for bensin og for oljesektoren, medan det er vesentlege reduksjonar og unntak for mange andre viktige kjelder til utslepp, som luftfart, treforedlingsindustri og prosessindustri. Ein direkte effekt av avgifta vil vere ein overgang frå bruk av fossile brensel til elektrisitet i hushalda. Grunna ulike høve til å substituere mellom elektrisitet og fossile brensel vil denne effekten variere mellom sektorar. Endringar i avgifta vil også påverke totalt energiforbruk gjennom substitusjonar, mellom for eksempel energi og arbeidskraft, kapital og annan materialinnsats. Høgare prisar på fossile brensel vil føre til ein generell kostnadsvekst som påverkar både samansetninga av og totalomfanget på produksjonen.

Tabell 3 viser den simulerte verknaden av avgifta på nokre sentrale økonomiske variablar. Vi ser at avgifta har liten verknad på det store makroøkonomiske bildet. Endringane i storleikar som BNP og totalt konsum er på opptil ein promille. Men CO₂-avgifta har hatt større effekt på forbruket av fossile brensel, og forbruket av både bensin og fyringsoljar har gått ned med 4 til 6 prosent. Samtidig auka kollektivtransport, annan offentlig transport og elektrisitetsforbruk som følgje

³ Produksjonen av elektrisitet kan likevel medføre utslepp.

av at avgifta på fossile brensel gjer disse goda relativt billigare. Høgare produksjonskostnader medfører ein viss nedgang i industriproduksjonen, og vi får ei endring i samansetninga av sektorane.

Avgifta ga 2,3 prosent lågare utslepp

Som følgje av dei samla endringane i den økonomiske tilpassinga reduserte avgifta fastlandsutsleppa med 1,5 prosent. Det norske uttaket av olje er bestemt av prisar på verdsmarknaden og politiske avvegingar. Avkastninga av oljeformuen er dessutan svært høg sjølv med CO₂-avgifter. Dette er lagt til grunn i modellen, og ei avgift på CO₂ vil ikkje påverke oljeproduksjonen. Likevel kan avgifta påverke energiintensiteten. Det er gjort få studiar av teknologieffekten internt i oljesektoren, og i modellen som er brukt er det ikkje teke omsyn til slike effektar. ECON (1997) kjem til at avgifta medførte ein reduksjon i energiintensiteten i oljesektoren med rundt 3 prosent. Når vi legg dette overslaget til grunn i våre utrekningar, kjem vi fram til at avgifta samla sett reduserer dei norske utsleppa med 2,3 prosent.

I tabell 4 har vi fordelt verknadane av avgifta på dei enkelte komponentane frå tabell 1. Den totale verknaden via skalaeffekten, altså lågare BNP, var på -0,1 prosent. Avgifta reduserte utsleppa gjennom lågare energiintensitet og vridingar til mindre utsleppsintensive energitypar med respektive 1,3 og 1,0 prosentpoeng.

Disse endringane kan verke små samanlikna med dei ulike komponentane i tabell 1. Samtidig som CO₂-avgifta er høg i internasjonal samanheng, har omsyn til konkurranse i forhold til utlandet resultert i ei avgift som er svært differensiert mellom sektorar og energivarer. På mange måtar er det nettopp dei sektorane der ein kunne vente at avgifta ville verke som har unntak frå avgifta. For eksempel er energitug industri unnateke (sjå Bye, Hoel og Strøm 1999), medan prisverknaden på bruk av bil, som har fått den høgaste avgifta, er liten.

Fordelinga av avgifta er naturleg nok viktig for forklaringa av endringane i utslepp. Oljesektoren dominerer i forhold til andre sektorar når ein ser på *energiintensitetseffekten*. Dette er ikkje uventa, då oljesektoren har høg avgift, sjå tabell 2. ECON sitt overslag er basert på at oljesektoren finn vesentlege energisparande teknologiske omleggingar lønsame. Nest viktigast er redusert energibruk i hushalda, noko som gjenspeglar den høge avgifta på bensin. I kjemisk produksjon blir energiintensiteten redusert like mykje som i oljesektoren, men effekten på totalutsleppa er mindre, sidan dei bidreg med ein mindre del av utsleppa.

Om lag halvparten av effekten frå endra *energisamansetning* skuldast at hushalda reduserer bruken av fossil

Tabell 4. Dekomponering av observerte utsleppsendingar, og berekna utsleppsendingar i 1999 som følgje av CO₂-avgifta. Prosent endring i CO₂-utslepp

Komponent	Observerte utsleppsendingar, 1990-1999	MSG-analysen: Bidrag frå CO ₂ -avgifta
Befolkning	5,0	0,0
Skala	30,4	-0,1
Sektorsamansetning	2,9	-0,0
Energiintensitet	-8,8	-1,3
Energisamansetning	-5,1	-1,0
Materialintensitet (prosess)	-1,2	0,0
Andre teknikkeffektar (prosess)	-4,5	0,0
Total endring i CO ₂ -utslepp	18,7	-2,3

Kjelde: Statistisk sentralbyrå.

energi og brukar meir elektrisitet. Resten kan hovudsakleg forklarast ved endringar i energisamansetninga i produksjon av kjemiske og mineralske produkt, treforedling og kjemiske råvarer.

Verknaden av avgifta gjennom endra *samansetning av sektorar* trekkjer i ulike retningar, og i sum har disse liten effekt. Spesielt aukar utsleppa gjennom auka lufttransport som følgje av reduserte kostnader relativt til annan transport då lufttransport er unnateke avgift, medan utsleppa går ned gjennom redusert produksjonen i oljeraffinerer. Mange sektorar har vanskar med å gå over til elektrisitet frå fyringsoljar, det gjelder fiske, fiskemjølproduksjon, luft- og sjøtransport, metallproduksjon og til ei viss grad kjemisk produksjon. Kanskje nettopp derfor ville avgifta verka i disse sektorane, ved redusert omfang i produksjonen, og det er vel også derfor disse sektorane har hatt vesentlege lempingar eller unntak frå avgifta. Bye og Nyborg (1999) viser i ein annan analyse på MSG-6 modellen at dersom metall- og kjemisk produksjon ikkje hadde avgiftsreduksjonar, ville ein stor del av disse sektorane vore ulønsame. Bye, Hoel og Strøm (1999) argumenterer også for lik prising, både med omsyn til energiprisar og klimaavgifter innanfor kraftsektoren, og viser at det vil redusere omfanget av den kraftkrevjande industrien og dei totale utsleppa.

Vi ser også av tabell 4 at avgifta ikkje påverkar prosesutsleppa, noko som heng saman med unntaka for bruk av kol og koks til prosessformål.

Oppsummering

Etter Brundtland-kommisjonens rapport (United Nations 1987) har Norge vore eit av dei landa som sterkest har argumentert for ein ambisjøs klimapolitikk. CO₂-avgifter blei innførde i Norge i 1991. Den gjennomsnittlege avgifta i 1999 låg på 165 kroner per tonn CO₂, meir enn tre gongar høgare enn det ein reknar med vil bli ein muleg kvotepris på CO₂ ved gjennomføring av Kyoto-avtalen (Hagem og Holtsmark 2001). Til trass for at den norske CO₂-avgifta er høg i internasjonal samanheng, har effekten av avgifta

vore relativt låg. Dei viktigaste årsakene til reduksjonen i utslepp per krone er meir effektiv energibruk og endring i energisamansetninga i retning av mindre karbonhaldige energivarer, som til saman reduserte CO₂-utsleppa med 14 prosent. I følgje vår modellberkning var CO₂-avgifta sitt bidrag til dette berre 2,3 prosentpoeng. Resten skuldast andre forhold, som for eksempel endringar i verdsmarknadsprisar, andre marknadsforhold og generell teknologisk framgang.

Det kan sjå ut som andre tiltak har hatt vel så stor effekt som CO₂-avgifta. For eksempel har metanuttak og -brenning på avfallsanlegg og avtaler med industrien redusert prosessutsleppa av CO₂ og metan (Miljøverndepartementet 2002). Ikkje berre har disse tiltaka vist seg å verke, men slike tiltak kan også gjennomførast til vesentleg lågare kostnader enn avgifta som er lagd på for eksempel bensinbruk og utslepp frå oljesektoren (Bruvoll og Bye 1998).

I lys av at Norge gjerne oppfattar seg som eit føregangsland både når det gjeld tidspunkt for innføring av CO₂-avgifta og avgiftsnivået, kan resultatet verke lite oppmuntrande. Konkurransomsyn har kome i konflikt med miljøomsyn og uthola avgifta. At avgifta er høg og effekten låg, tyder på høge kostnader for enkelte sektorar. Fleire industrisektorar, der ein kunne vente at avgifta ville verke gjennom nedskalering av produksjonen, er fritekne frå avgift. Den høgaste avgifta er pålagd bensin, noko som spesielt treff hushalda. Vi ser ein viss reduksjon i bensinbruken, men høva til substitusjon er små for transport, og effekten er dermed mindre enn om ei like høg avgift blei lagd på enkelte av dei andre utsleppskjeldene. Den relativt høge avgifta på bensin inneber at små klimatiltak blir gjennomførde til høge kostnader fordelt på ein viss gruppe.

Ved ei jamn fordeling av avgifta, og dermed like marginalkostnader for alle utsleppskjelder, sikrar ein at utsleppsmåla blir nådde til lågast mulege kostnader (sjå «Grønn skattekommissjon», NOU 1996:9). Nokre sektorar med reduksjonar eller unntak, som treforedlingsindustrien og kjemisk industri, ville med ei høgare avgift kunne gå over frå fossile brensel til elektrisitet. Dei som taler for unntak argumenterer med at importen av elektrisitet basert på kolkraft ville auke, og at utsleppa berre ville bli flytte til utlandet. Ei flat avgift fordrar også at politikarane er klare for å bite i det sure eplet og godta nedskalering av produksjonen i konkurranseutsette næringer, som innanfor metallproduksjon. Også her blir det argumentert med at CO₂-utsleppa ville flagge ut norsk industri.⁴ Motargumentet er at andre land sine utslepp er andre land sine politiske problem. Dersom dei aukar utsleppa for nokre sektorar må utsleppa reduserast i andre for at

landet skal kunne oppfylle sin del av internasjonale avtaler.

Denne gjennomgangen viser at det er mange mekanismar og tiltak som verkar i klimapolitikken. Avtaler med industrien og tiltak mot for eksempel metan er gode eksempel. Det er heller ingen grunn til å hevde at mekanismene i CO₂-avgifta ikkje verkar. Slik den er utforma, har den hatt liten verknad, men her er det viktig å huske at effekten har blitt svekka gjennom unntaksordningar gjennomførde av politiske omsyn. Denne svekkinga har i stor grad funne stad i sektorar der avgifta kunne ha gitt effektive miljøgevinstar. At nasjonale politiske omsyn har ført til ein lite effektiv avgift, tyder på bindande internasjonale avtaler er nødvendige om ein skal få til utsleppsreduksjonar som monner.

Referansar

Bruvoll, A. og T. Bye (1998): Utslipp av metan og kvotepriser på klimagasser, Økonomiske analyser 7, 5 - 13, Statistisk sentralbyrå.

Bruvoll, A. og B. M. Larsen (2002): "Greenhouse gas emissions - do carbon taxes work?", kjem i spesialnummer om klimaanalyser i tidsskriftet *Energy Policy*.

Bye, B. og K. Nyborg (1999): The welfare effects of carbon policies: Grandfathered quotas versus differentiated taxes, Discussion Papers no. 261, Statistics Norway.

Bye, T., M. Hoel og S. Strøm (1999): *Et effektivt kraftmarked - konsekvenser for kraftkrevende næringer og regioner*, Sosiale og økonomiske studer 102, Statistisk sentralbyrå.

Hagem, C. og B. Holtsmark (2001): From small to insignificant. Climate impact of the Kyoto Protocol with and without US, Policy Note 2001:1, CICERO, Center for International Climate and Environmental Research - Oslo.

ECON (1997): *CO₂-avgiftas betydning for CO₂-utslepp på norsk sokkel*, Rapport 50/97.

Haugland, T. og K. Roland (1991): *Skal CO₂-avgiften være lik for alle*, Sosialøkonomen nr. 7/8, s. 19-21.

Haugland, T. og K. Roland (1991): *Nasjonal og global kostnadseffektivitet i klimapolitikken*, Sosialøkonomen nr. 11, s. 7-9.

Hoel, M. (1991): *CO₂-avgifter bør være like for alle norske sektorer*, Sosialøkonomen nr. 10, s. 17-18.

⁴ Sjå feks. debatten mellom Haugland og Roland (1991a,b) og Hoel (1991).

Holmøy, E., B. Strøm og T. Åvitsland (1999): Empirical characteristics of a static version of the MSG-6 model, Documents 99/1, Statistisk sentralbyrå.

Miljøverndepartementet (2002): *Norway's third national communication under the Framework Convention on Climate Change*, Rapport, juni 2002.

NOU 1996:9: *Grønne skatter - en politikk for bedre miljø og høy sysselsetting*, Finans- og tolldepartementet, Oslo.

Rideng, A. (2001): *Transportytelser i Norge 1946-2000*. TØI rapport 515/2001. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Boks 1. Komponentane i dekomponeringa av klimautsleppa

Relasjonane (1) og (2) viser korleis dei totale utsleppa knytte til respektive forbrenning av energi (U^F) og frå prosesser (U^P) er dekomponert:

$$(1) U^F \equiv \sum_i \sum_j \frac{U_{ij}^F}{E_{ij}} \frac{E_{ij}}{E_j} \frac{E_j}{Y_j} \frac{Y_j}{Y} \frac{Y}{B} B, \text{ og}$$

$$(2) U^P \equiv \sum_j \frac{U_j^P}{M_j} \frac{M_j}{Y_j} \frac{Y_j}{Y} \frac{Y}{B} B,$$

der E står for energibruk, M er materialinnsats, Y er total produksjon (BNP), B er befolkning, i er energitype og j er sektor. Y_j er produksjon i sektor j og totalt konsum for hushaldssektoren. Produksjonen er målt i faste 1990-prisar, energibruken i Joule.

Utsleppa frå forbrenning av energi er dekomponere i befolkningsvekst (B), auka BNP per innbyggjar (Y/B), endringar i næringsstruktur (Y_j/Y), sektorvise endringar i energiintensitet (E_j/Y_j) og -sammansetning (E_{ij}/E_j) og endringar i utsepp per energiining (U_{ij}^F/E_{ij}). Prosessutsleppa er dekomponerte i befolkningsvekst (B), auka BNP per innbyggjar (Y/B), endringar i næringsstruktur (Y_j/Y), sektorvise endringar i materialintensitet (M_j/Y_j) og endringar i utsepp per eining vareinnsats (U_j^P/M_j).

Når vi ser på *endringane* i utsepp frå 1990 til 1999, reknar vi ut bidraga frå *endringane* i dei ulike komponentane, sjå Bruvoll og Larsen (2002).

Boks 2. Om den makroøkonomiske modellen MSG-6

MSG-6 er ein generell likevektsmodell for norsk økonomi. Ulike versjonar av modellen har vore brukte i regjeringas langtidspanlegging i mange år. Modellen er ein berekna økonomi- og utseppsmodell designa for studiar av blant anna økonomiske og miljømessige effektar av klimatiltak. Norsk økonomi er spesifisert ved 60 varer og 40 produksjonssektorar klassifisert spesielt for å fange opp viktige substitusjonsforhold med miljømessige implikasjonar. Energietterspørselen varierer mellom sektorane, både når det gjeld energiintensitet og mulighetene for substitusjon mellom energitypar og mellom energi og andre innsatsfaktorar. CO₂-avgifta vil påverke økonomien gjennom fleire mekanismar, blant anna gjennom endring i prisar på fossile brensel og andre produkt og endring i produksjon og konsum. Til forskjell frå ein partiell analyse vil den generelle likevektsmodellen i prinsippet fange opp alle kryssløpseffektar, og i likevekt vil modellen berekne den totale effekten av CO₂-avgifta på økonomi og utsepp. Sjå Holmøy m. fl. (1999) for ein nærare presentasjon av modellen.