

En generel ligevægtsmodel for Danmark og beregnede virkninger af CO₂-afgifter

Søren Elkjær Frandsen

Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut

Jan Vognsen Hansen

Det økonomiske Råds sekretariat

Peter Trier

Danmarks Miljøundersøgelser

SUMMARY: This article reviews the Danish CGE-model GESMEC and its application to quantifying the macroeconomic impacts of a CO₂ tax. Calculations based on the model indicate that a reduction of Danish CO₂ emissions by 2005 by 25 per cent compared with a baseline by means of a uniform economy-wide CO₂ tax can be achieved at a loss of private consumption of only 0.3 per cent. This result is obtained using standard neo-classical closure, assuming that all markets including the labour market are cleared by fully flexible relative prices. The calculated costs increase considerably if the assumptions of full long-term flexibility are relaxed.

1. Indledning

Baggrunden for udviklingen i 1992 af den anvendte generelle ligevægtsmodel for Danmark, GESMEC (General Equilibrium Simulation Model of the Economic Council), var et ønske om at analysere de langsigtede samfundsøkonomiske konsekvenser af at opfylde den danske CO₂-målsætning. Der fandtes ikke en empirisk model for Danmark, som kunne anvendes til dette formål. Eksisterende makroøkonometriske modeller som f.eks. SMEC, jf. Det økonomiske Råds sekretariat (1994), har en for rudimentær beskrivelse af energiarternes rolle i økonomien og er i øvrigt ikke opstillet med nogle veldefinerede langsigtegenskaber for øje. De makroøkonometriske modellers styrke er beskrivelsen af udviklingen på det korte og mellemfristede sigt. For-

Peter Brixen og Nina Smith takkes for kommentarer til et tidligere udkast. Forfatterne er alene ansvarlige for artiklens indhold.

En generel ligevægtsmodel for Danmark og beregnede virkninger af CO₂-afgifter

Søren Elkjær Frandsen

Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut

Jan Vognsen Hansen

Det økonomiske Råds sekretariat

Peter Trier

Danmarks Miljøundersøgelser

SUMMARY: This article reviews the Danish CGE-model GESMEC and its application to quantifying the macroeconomic impacts of a CO₂ tax. Calculations based on the model indicate that a reduction of Danish CO₂ emissions by 2005 by 25 per cent compared with a baseline by means of a uniform economy-wide CO₂ tax can be achieved at a loss of private consumption of only 0.3 per cent. This result is obtained using standard neo-classical closure, assuming that all markets including the labour market are cleared by fully flexible relative prices. The calculated costs increase considerably if the assumptions of full long-term flexibility are relaxed.

1. Indledning

Baggrunden for udviklingen i 1992 af den anvendte generelle ligevægtsmodel for Danmark, GESMEC (General Equilibrium Simulation Model of the Economic Council), var et ønske om at analysere de langsigtede samfundsøkonomiske konsekvenser af at opfylde den danske CO₂-målsætning. Der fandtes ikke en empirisk model for Danmark, som kunne anvendes til dette formål. Eksisterende makroøkonometriske modeller som f.eks. SMEC, jf. Det økonomiske Råds sekretariat (1994), har en for rudimentær beskrivelse af energiarternes rolle i økonomien og er i øvrigt ikke opstillet med nogle veldefinerede langsigtegenskaber for øje. De makroøkonometriske modellers styrke er beskrivelsen af udviklingen på det korte og mellemfristede sigt. For-

Peter Brixen og Nina Smith takkes for kommentarer til et tidligere udkast. Forfatterne er alene ansvarlige for artiklens indhold.

målet med udviklingen af GESMEC var derfor at opstille en model, som imødekom de to nævnte kritikpunkter.¹

Den seneste version fra 1995 har i forhold til tidligere versioner en mere konsistent behandling af sammenhænge mellem strømme og beholdninger, dvs. mellem investeringer og kapitalapparat henholdsvis vare- og tjenestebalance og udlandsgæld inspireret af en nyere udgave af den australske ORANI-model, jf. Horridge et. al. (1993). Med udgangspunkt i nye egne og andre danske økonometriske undersøgelser er adskillige parametre og elasticiteter blevet justeret, og hele modelleringen af erhvervenes inputefterspørgsel er blevet ændret.

Artiklen giver en oversigt over grundprincipperne i den seneste version af GESMEC samt et eksempel på en konkret anvendelse, nemlig beregning af virkningerne af en CO₂-afgift. For detaljer henvises generelt til Frandsen, Hansen og Trier (1995), der udover en fuldstændig teknisk dokumentation også illustrerer, hvordan modellen kan bruges til at kvantificere de økonomiske konsekvenser af miljøpolitik samt handels- og landbrugsliberaliseringer.

2. Om anvendte generelle ligevægtsmodeller

I sin »rene« (neoklassiske) form er en generel ligevægtsmodel som bekendt karakteriseret ved, at alle markeder, herunder arbejdsmarkedet, er i ligevægt i kraft af en forudsætning om fuldstændig fleksibel pris- og løntilpasning. Modellen omfatter i princippet hele økonomien, dvs. alle markeder og økonomiske agenter (virksomheder og husholdninger). Med udgangspunkt i den neoklassiske mikroteori antages virksomhederne at maksimere profitten og husholdningerne at maksimere nyten.

I praksis er det dog nødvendigt at forenkle den rene teori for at nå frem til en empirisk håndterbar CGE (Computable General Equilibrium) model som GESMEC. Et vigtigt eksempel er, at GESMEC opererer med repræsentative agenter i form af 29 repræsentative erhverv og en repræsentativ husholdning. Trods det mikroteoretiske fundament må GESMEC derfor karakteriseres som en makromodel.

GESMEC har nogle lighedspunkter med makroøkonometriske modeller som f.eks. SMEC. Begge modeltyper betjener sig af mikroøkonomisk teori i adfærdsbestemmelsen, og beskrivelsen af økonomiens vare/tjeneste kredsløb er datamæssigt funderet på nationalregnskabets input-output tabeller. En væsentlig principiel forskel er, at GESMEC direkte er opstillet med nogle helt veldefinerede langsigtsegenskaber for øje, mens langsigtsegenskaberne i SMEC ikke er veldefinerede. I GESMEC er der lagt vægt på at modellere udbudssiden, dvs. bestemme, hvordan allokeringen af pro-

1. Dette arbejde tog oprindeligt udgangspunkt i den australske ORANI-model, jf. Dixon et. al. (1982). Senere blev GESMEC tilpasset, således at det blev muligt at analysere de samfundsøkonomiske konsekvenser af handelsliberaliseringer i GATT-regi. Den seneste samlede beskrivelse af den version af GESMEC, der blev anvendt til disse analyser, findes i Frandsen, Hansen and Trier (1994).

duktionsfaktorerne afhænger af de relative priser. Til gengæld rummer SMEC en detaljeret bestemmelse af tilpasningen på kort og mellemfristet sigt.

En vigtig praktisk forskel er, at det i en model af GESMEC's type er nemmere at ændre aggregeringsniveauet med henblik på at belyse en konkret problemstilling. Det afspejler en forskel i arbejdsmetode. I SMEC-traditionen kræver en ændring i erhvervs- eller vareaggregeringen, at der først opstilles lange tidsserier for den nye aggregering, hvorefter der udføres et tidskrævende arbejde med omhyggeligt at estimere adfærdsparametrene på disse data. For at opstille en CGE-model af GESMEC's type er det tilstrækkeligt, at man råder over data (primært en input-output tabel) for et basisår, samt at man antager en række parametre og elasticiteter, hvilket i fravær af egne estimater kan ske med inspiration i den foreliggende økonometriske litteratur herunder udenlandske undersøgelser. Behovet for selvstændige økonometriske undersøgelser er størst i de makroøkonometriske modeller, som fokuserer på den dynamiske tilpasningsproces i et kort og mellemfristet perspektiv. Økonomisk teori og udenlandske økonometriske undersøgelser har begrænset relevans for modelleringen af den danske økonomis tilpasningsevne på kortere sigt.

SMEC-traditionens omhyggelige estimationsarbejde og andre tests (f.eks. undersøgelse af historisk sporingsevne og fremskrivningsevne) sikrer en vis grad af empirisk aftestning, som kan mangle i CGE-modeller. Problemet mindskes ved omhyggeligt valg af parameterværdier (kalibrering) og lukning, og dets betydning kan undersøges ved følsomhedsanalyser.

Mange CGE-modeller, herunder også GESMEC, behandler ikke uligevægtsaspekter og forventningsdannelse. Dermed er disse modeller ikke særligt velegnede til at sige noget om omfang og varighed af tilpasningsproblemer. Der er dog de senere år udviklet en række CGE-modeller, som indbygger de her omtalte aspekter.

I stort set alle eksisterende CGE-modeller er teknologi og præferencer eksogene. Det indebærer, at disse modeller eksempelvis ikke kan beregne, hvordan forskellige indgreb afleder teknologiske innovationer, der kan have stor betydning for indgrebenes omkostninger.

Fokus for de generelle ligevægtsmodeller er typisk de realøkonomiske sammenhænge, og en række monetære og finansielle sammenhænge ignoreres. Det indebærer også, at en række væsentlige problemstillinger ikke meningsfyldt kan analyseres inden for rammerne af en CGE-model.

3. En miniature-version af GESMEC

GESMEC består for nærværende af 20.235 ligninger og 26.534 variabler, som naturligvis ikke alle kan præsenteres her. Derfor fremstilles i det følgende en miniature-model omfattende kun 15 ligninger og 21 variabler, som illustrerer nogle af de centrale sammenhænge i GESMEC.²

2. Forenklingen er inspireret af Holmøy, Nordén og Strøm (1994).

De vigtigste forenklinger i forhold til GESMEC er:

- Der er kun et indenlandsk erhverv, der producerer en vare (mod 29 erhverv i GESMEC).
- Produktionsfaktoren jord er udeladt.
- Der ses bort fra tekniske fremskridt.
- Der er kun en vare i det private forbrug (mod 15 i GESMEC).
- Der er ingen offentlig efterspørgsel, lagerinvesteringer og afgifter.
- Der ses bort fra den bogholderimæssige sammenhæng mellem vare- og tjenestebalance, betalingsbalance og udlandsgæld.

Det forudsættes, at erhvervet profitmaksimerer, at teknologien er karakteriseret ved konstant skalaafkast, og at markedformen er givet ved fuldkommen konkurrence både på inputmarkederne og på outputmarkedet.³ Derfor bestemmes prisen på den indenlandsk producerede vare, P_Q , ved enhedsomkostningsfunktionen

$$P_Q = c(P_K, P_L, P_E, P_M) \quad (1)$$

hvor P_K er lejeprisen på kapital (user cost), P_L er lønnen, P_E er prisen på energi, og P_M er prisen på ikke-energi materialer. Outputprisen er således akkurat lig med enhedsomkostningerne, der indbefatter afkastkravet for kapitalen. Den rene profit, der ligger herudover, konkurreres væk. I henhold til Shephards lemma kan efterspørgslen pr. produceret enhed efter hver af de 4 inputs kapital, K , arbejdskraft, L , energi, E , og ikke-energi materialer, M , findes ved at differentiere enhedsomkostningsfunktionen (1) med hensyn til prisen på det pågældende input

$$K = \frac{\partial c}{\partial P_K} Q \quad (2)$$

$$L = \frac{\partial c}{\partial P_L} Q \quad (3)$$

$$E = \frac{\partial c}{\partial P_E} Q \quad (4)$$

$$M = \frac{\partial c}{\partial P_M} Q \quad (5)$$

hvor Q er den producerede mængde.

3. I udenrigshandelen forudsættes dog imperfekt konkurrence, jf. nedenfor.

Dansk og udenlandsk produktion af varen antages at være imperfekte substitutter, som kombineres i forskelligt forhold i de forskellige indenlandske anvendelser af varen. Prisen på den indenlandske anvendelse j af varen bestemmes ved enhedsomkostningsfunktionen, $a^j(h)$, som et aggregat af prisen på den hjemlige produktion, P_Q , og prisen på den internationale produktion af varen målt i udenlandsk valuta, P_j , multipliceret med valutakursen, e , målt i kroner/udenlandsk valuta

$$P_j = a_j(P_Q, P_j e) \quad j = E, M, Z, C \quad (6) - (9)$$

hvor P_Z er prisen på investeringer, og P_C er prisen på det private forbrug. (6)-(9) udgør et sæt enhedsomkostningsfunktioner. For hver anvendelse $j = E, M, Z, C$ forudsættes, at efterspørgeren finder fordelingen af tilgangen på dansk produktion henholdsvis import ved at minimere enhedsomkostningerne, analogt til den måde hvorpå virksomheden ovenfor fandt den optimale kombination af K, L, E, M i produktionen. For en given anvendelse af varen kan efterspørgslen efter dansk henholdsvis udenlandsk tilgang således findes ved at anvende Shephards lemma på (6)-(9). Bag denne modellering ligger implicit Armingtons (1969) specifikation af importefterspørgslen, når dansk og udenlandsk produktion er imperfekte substitutter.

Den samlede efterspørgsel efter indenlandsk produktion, Q , bestemmes derfor som summen af de enkelte efterspørgselskomponenter vejret med deres respektive hjemmemarkedskvoter

$$Q = \left(\frac{\partial a^E}{\partial P_Q} \right) E + \left(\frac{\partial a^M}{\partial P_Q} \right) M + \left(\frac{\partial a^Z}{\partial P_Q} \right) Z + \left(\frac{\partial a^C}{\partial P_Q} \right) C + X \quad (10)$$

hvor X betegner eksporten. Der forudsættes ikke at være noget direkte importindhold i eksporten (reeksporten er konsolideret ud). Analogt bestemmes importen som den del af efterspørgslen, der rettes mod udenlandske varer

$$I = \left(\frac{\partial a^E}{\partial (P_j e)} \right) E + \left(\frac{\partial a^M}{\partial (P_j e)} \right) M + \left(\frac{\partial a^Z}{\partial (P_j e)} \right) Z + \left(\frac{\partial a^C}{\partial (P_j e)} \right) C \quad (11)$$

Hjemmemarkeds- og importkvoterne for hver komponent summer til 1

$$\left(\frac{\partial a^j}{\partial P_Q} \right) + \left(\frac{\partial a^j}{\partial (P_j e)} \right) = 1 \quad j = E, M, Z, C$$

(10) er en central ligevægtsbetingelse for den indenlandsk producerede vare, som siger, at det indenlandske udbud af varen (venstresiden) skal matche efterspørgslen (højresiden). I generel ligevægt giver de relative priser sig, således at det udbud, der kan produceres med den begrænsede mængde ressourcer (i sidste ende arbejdskraft), netop efterspørges. (11) rummer tilsvarende en ligevægtsbetingelse for importen. Da Danmark er et lille land, antages det, at udlandets udbudskurve er vandret.

Idet dansk produktion og udenlandsk produktion er substitutter, er efterspørgslen efter dansk eksport, X , en faldende funktion af den relative pris

$$X = f\left(\frac{P_Q}{P_I e}\right) \quad (12)$$

Da der som nævnt forudsættes ikke at være noget direkte importindhold i eksporten, er eksportprisen lig med P_Q .

Sammenhængen mellem kapitalens afkastgrad, R , samt forholdet mellem prisen på eksisterende og nyt kapitalapparat, P_K/P_Z , og afskrivningsraten, D , er definatorisk givet ved

$$R = \frac{P_K}{P_Z} - D \quad (13)$$

Bruttoinvesteringerne, Z , bestemmes som funktion af tilvæksten i kapitalapparatet

$$Z = g(K, K_0, D, T) \quad (14)$$

hvor K_0 er kapitalapparatet ultimo basisåret, og T er en parameter, som angiver antal perioder fra basisår til løsningsår. Kapitalapparatet ultimo løsningsår, K , bestemmes som det omkostningsminimerende kapitalapparat ved inputefterspørgselsfunktionen (2). Ud over de bogholderimæssige sammenhænge mellem bruttoinvesteringer, afskrivninger og tilvækst i kapitalapparatet er (14) konkret specificeret ved den adfærdsmæssige antagelse, at bruttoinvesteringerne ændres lineært fra basisår til løsningsår. Adfærdsmæssige antagelsen kan ikke udledes som et resultat af intertemporal optimering, men må ses som en brugbar forsimpning.

Endelig bestemmes saldoen på vare- og tjenestebalancen i danske kroner, H , ved identiteten

$$H = P_Q X - P_I e I \quad (15)$$

De 15 ligninger rummer således ikke en forbrugsfunktion. Det private forbrug, C , bestemmes derfor implicit ved modellens »lukning«, jf. nedenfor. Ligning (1)-(13) og

(15) er rent statiske. Kun ligning (14), der sammenbinder beholdning (K) og strøm (Z), er intertemporal. Modellen løses kun i et punkt, løsningsåret. Antagelsen om lineær udvikling i bruttoinvesteringerne fra basisår til løsningsår er ikke tilstrækkelig til at bestemme udviklingen i de andre variabler i den mellemliggende periode.⁴

De 15 ligninger rummer 21 variabler: $P_Q, P_K, P_L, P_E, P_M, P_Z, P_C, P_I, e, Q, K, L, E, M, Z, C, I, X, R, K_0, H$ samt 2 parametre: D og T . Af de 21 variabler er 1 prædetermineret: K_0 . En nødvendig betingelse for, at der eksisterer en løsning af modellen, er, at fem ud af de resterende 20 variabler udnævnes til eksogene variabler.

»Lukningen« af modellen omhandler dette valg af endogene og eksogene variabler. »Tællereglen« om lige mange endogene variabler og ligninger er en nødvendig, men ikke tilstrækkelig betingelse for eksistens af løsning. Der eksisterer ikke en løsning for enhver lukning, der opfylder tællereglen. Her er økonomisk teori til hjælp. Ifølge Walras' lov kan modellen f.eks. kun bestemme de relative priser, mens det absolutte prisniveau er bestemt af numerairen. Det er altså nødvendigt, at sætte mindst én absolut pris – numerairen – eksogent.

For en lille økonomi er det som nævnt naturligt at forudsætte, at den udenlandske udbudskurve er vandret, dvs. at det udenlandske prisniveau målt i udenlandsk valuta, P_I , er eksogent. Med yderligere eksogen valutakurs, e , er det udenlandske prisniveau målt i danske kroner således numeraire.

Tilbage står et mere kontroversielt valg af tre eksogene variabler. Modellens egenskaber afhænger heraf. Nogle typiske lukninger er

1. »Keynesiansk« lukning. Eksogene: P_I, R, H . Denne lukning er især relevant på kortere sigt. Når pengelønnen, P_L , er eksogen, bestemmer efterspørgselsfunktionen for arbejdskraft (3) beskæftigelsen, L . Den eksogene afkastgrad, R , kan opfattes som givet fra udlandet i en lille åben økonomi. Med eksogen afkastgrad, vil (13) bestemme kapitallejeprisen, P_K , som igen bestemmer efterspørgslen efter kapital, K , jf. kapital-inputefterspørgselsfunktionen (2). Bruttoinvesteringerne, Z , er bestemt af kravet fra ændringen i kapitalapparatet og afskrivningsraten. Den eksogene saldo på vare- og tjenestebalancen, H , bestemmer i realiteten det private forbrug, C . Det kan tolkes som, at finanspolitikken via påvirkningen af det private forbrug indrettes således, at en given vare- og tjenestebalancemålsætning (f.eks. uændret saldo) opnås. I et intertemporalt perspektiv kan det opfattes som en terminalbetingelse for udlandsgælden.

4. Valg af antal perioder mellem basisår og løsningsår, T , har stor betydning for resultatet alt andet lige. For en given tilvækst i K bestemt af (2), er kravet normalt, at bruttoinvesteringerne skal vokse hurtigere fra basisårets niveau, jo mindre T er, jf. (14), og herved bliver bruttoinvesteringerne i løsningsåret, Z , også større, hvilket virker positivt tilbage på K . Jo større Z er, jo større er I , hvilket for en given betalingsbalancesaldo presser C ned. Det virker omvendt dæmpende på K .

I denne lukning er økonomiens udbudskurve tilnærmelsesvist vandret, fordi der forudsættes konstant skalaafkast og fuldkommen konkurrence.⁵ Den samlede efterspørgsel bestemmer dermed produktionen, som blot tilpasser sig passivt, jf. ligevægtsbetingelsen (10). Efterspørgslen efter dansk produktion er en faldende funktion af outputprisen, P_Q , for given pris i danske kroner på udlandets produktion, $P_f e$. Det danske prisniveau i forhold til udlandets (konkurrenceevnen) bestemmer dels omfanget af den samlede efterspørgsel via eksporten, X , dels splittet mellem indenlandsk og udenlandsk (import) tilgang.

2. »Neoklassisk« standardlukning. Eksogene: L , R , H . Denne lukning vil ofte være den foretrukne på langt sigt. Når beskæftigelsen er eksogen, vil (3) omvendt bestemme produktreallønnen, P_L/P_Q . Valget af eksogen beskæftigelse kan baseres på en forudsætning om, at arbejdsudbuddet er eksogent, og at ledigheden på langt sigt vil være lig med den strukturelle ledighed, som er eksogent bestemt af arbejdsmarkedets strukturer.

I denne lukning, som svarer til traditionel generel ligevægt, fordi samtlige relative priser giver sig, er økonomiens udbudskurve tilnærmelsesvist lodret, da beskæftigelsen er eksogent givet.⁶ Reallønnen tilpasses således, at efterspørgslen efter arbejdskraft netop er lig med udbuddet.

4. Erhvervenes inputefterspørgsel i GESMEC

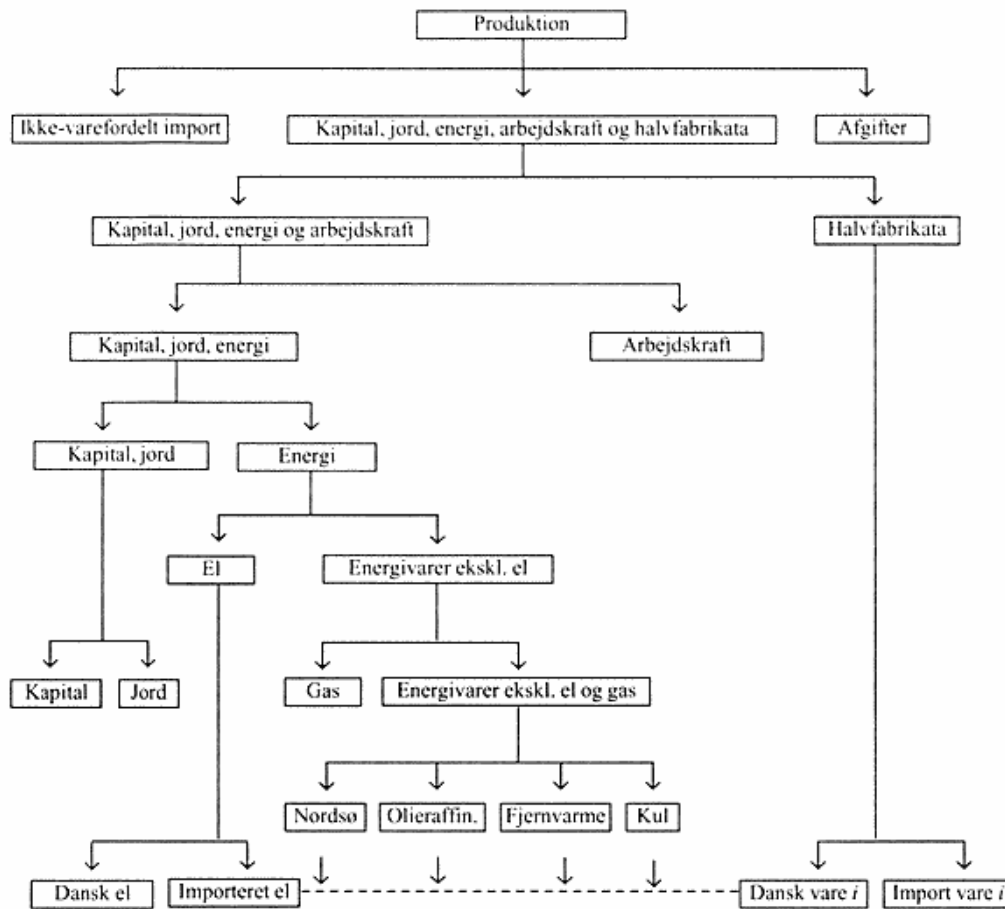
For at give et indtryk af metoden redegøres her nærmere for erhvervenes inputefterspørgsel i GESMEC, herunder de anvendte substitutionselasticiteter, som er centrale for resultatet af CO₂-beregningerne i afsnit 5. Jo mindre substitutionsmulighederne i inputefterspørgslen er, jo mindre er økonomiens muligheder for at tilpasse sig f.eks. CO₂-afgifter, og jo større er afgifternes samfundsøkonomiske omkostninger.

Under de angivne forudsætninger består erhvervenes optimeringsproblem som nævnt i at finde den faktorkombination, der minimerer omkostningerne. Figur 1 illustrerer den konkrete bestemmelse af erhvervenes inputefterspørgsel, som består af et hierarki af nastede CES inputefterspørgselsfunktioner, der beskriver, hvorledes inputs parvis substituerer hinanden.

CES-funktionen besidder kun den ønskede generalitet, når der indgår to inputs. For at beskrive substitutionen mellem mere end to inputs, er det derfor nødvendigt at opstille et hierarki af 2-faktor CES funktioner, der er nastede. Den konkrete rækkefølge i nestningsstrukturen afspejler nogle separabilitetsantagelser.

5. Betalingsbalancerestriktionen betyder imidlertid, at erhvervet ikke ubegrænset kan importere udenlandske inputs, hvorfor udbudskurven kun tilnærmelsesvist er vandret.

6. Arbejdskraftens produktivitet og dermed produktionen varierer med ændringer i faktorproportionerne, der afhænger af de relative inputpriser. Sådanne ændringer betyder, at den lodrette udbudskurve forskydes.



Figur 1. Erhvervenes inputefterspørgsel.

På øverste niveau i figur 1 bestemmes, hvorledes den samlede produktion fremstilles ved hjælp af 1) et aggregat af kapital, jord, arbejdskraft, energi og halvfabrikata, 2) ikke-varefordelt import (en lille særlig importgruppe) og 3) afgifter – i faste andele (svarende til en Leontief-produktionsfunktion). På næste niveau bestemmes, hvordan aggregatet af kapital, jord, arbejdskraft og energi ($KJLE$) substituerer halvfabrikata (M) som funktion af de relative priser. På næste trin substituerer kapital, jord og energi (KJE) med arbejdskraft (L), således at aggregatet af de tre førstnævnte faktorer samlet substituerer arbejdskraft, igen som funktion af de relative priser. Derefter sammenbindes aggregatet af kapital og landbrugsjord (KJ) overfor et aggregat af energivarer (E), hvorefter kapital og jord substituerer hinanden som funktion af ændringer i prisen på jord i forhold til ændringer i prisen for kapitallydelser. Energivarerne substituerer hinanden som angivet i figuren, dvs. el substituerer et aggregat af de øvrige energivarer, ligesom naturgas substituerer råolie, raffinerede olieprodukter, fjernvarme og kul.

De fire sidstnævnte energivarer antages alle at bevæge sig proportionalt med den samlede efterspørgsel efter disse fire energivarer (Leontief produktionsfunktion). På nederste niveau bestemmes ved Armingtons specifikation, hvordan råvarer/halvfabrikata fordeles på dansk og udenlandsk oprindelse. Denne specifikation forudsætter også en CES-teknologi.

Separabilitetsantagelserne er begrundet i danske og udenlandske undersøgelser. Thomsen (1995) finder således, at K og E er separable fra L , og at M er tilnærmelsesvis separabel fra K, E, L . I et omfattende litteraturstudie til brug for kalibrering af OECD's globale generelle ligevægtsmodel GREEN,⁷ konkluderer Burniaux et al. (1991), at K og E ofte findes at være separable fra L .

Ved den såkaldte kalibrering fastsættes bl.a. substitutionselasticiteternes størrelse. De benyttede JKLEM substitutionselasticiteter i GESMEC fremgår af første søjle i tabel 1. Det materiale, som forelå på kalibreringstidspunktet, gjorde det nødvendigt at forudsætte samme JKLEM substitutionselasticiteter i alle erhverv, idet J dog kun benyttes i to vegetabiliske landbrugserhverv. Priselasticiteterne vil imidlertid variere mellem erhverv med erhvervenes omkostningsandele. Substitutionselasticiteterne er fastsat med støtte i flere danske undersøgelser. I disse undersøgelser inkluderer K kun maskiner, inventar og transportmidler, men ikke bygninger og anlæg. Undersøgelserne er endvidere kun udført for dele af økonomien (hovedsageligt private erhverv). I GESMEC antages substitutionselasticiteterne at gælde for hele økonomien, og K inkluderer også bygninger og anlæg. Begge forhold trækker i retning af, at økonomiens samlede substitutionsmuligheder er større i GESMEC for samme værdi af de enkelte KLEM-substitutionselasticiteter. Det forhold, at de enkelte undersøgelser kun omfatter (de væsentligste) dele af økonomien, er dog ikke et argument for, at substitutionsmulighederne er fraværende i de resterende erhverv.

Substitutionselasticiteten mellem J og K er fastsat til 0,5 ud fra undersøgelser i Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut, jf. Jensen og Lind (1993).⁸

Tabel 1 søjle 2-4 viser resultaterne fra to danske undersøgelser, Thomsen (1995) samt Thomsen, Hansen og Smidt (1993). De opererer begge med samme separabilitetsrestriktioner som GESMEC. Sidste søjle i tabel 1 viser GREEN's elasticiteter, som er markant større med hensyn til K , E og L . Det skyldes, at GREEN opererer med en op til 65-årig tidshorisont, hvorfor man bevidst har valgt at lægge sig i den yderste høje ende af de empiriske undersøgelser ud fra den betragtning, at elasticiteterne er markant større på meget langt sigt. På grund af de forholdvis korte estimationsperioder på kun 30-40 år er det sandsynligt, at regressionsanalyser på tidsserier, som de citerede danske undersøgelser, ikke finder de helt langsigtede parameterverdier.

7. GREEN er blandt andet opstillet for at kvantificere virkningerne af forskellige CO₂-begrænsende tiltag.

8. Forfatterne har beregnet substitutionselasticiteten mellem J og K til GESMEC ud fra grundmaterialet i den nævnte artikel.

Tabel 1. (J)KELM-elasticiteter i GESMEC, danske undersøgelser og GREEN.

Substitutions- elasticitet	GESMEC	GLO 1989	GLO gns. 1957-89	Nested CES	GREEN
$\sigma_{K,JE-L-M}$	0,25	0,26	0,27	0,51	0,0
$\sigma_{K,JE-L}$	0,60	0,46	0,48	0,66	1,0
$\sigma_{K,L-E}$	0,30	0,06	0,12	0,08	0,8
$\sigma_{K,L}$	0,50				0,0

Anm.: $\sigma_{X,Y}$ betegner 2-faktor (Hicks-) substitutionselasticiteten mellem X og Y , hvor X er separabel fra Y . I søjle 2-4 indgår jord ikke. De rapporterede danske estimationer er delresultater undervejs i en fortløbende arbejdsproces. I en Generaliseret Leontief Omkostningsfunktion (GLO) er substitutionselasticiteterne tidsafhængige. Derfor vises de to sæt estimater. Estimaterne i søjle 4 er betinget af en restriktiv modellering af de tekniske fremskridt, jf. kilden.

Kilde: Søjle 2 og 3: Thomsen (1995) samt supplerende materiale, som forfatteren velvilligt har stillet til rådighed. Søjle 4: Thomsen, Hansen og Smidt (1993). Søjle 5: Burniaux et al. (1991).

Det er valgt at kalibrere GESMEC med en substitutionselasticitet mellem K og E på 0,3, fordi det giver en gennemsnitlig egenpriselasticitet for E på ca. -0,3 svarende til niveauet i andre danske undersøgelser, jf. Det økonomiske Råds sekretariat (1994) og Smidt og Knudsen (1995).

Det er således valgt at fastsætte JKLEM substitutionselasticiteterne som de høje yderpunkter i den foreliggende danske empiri, hvilket er passende for beregningerne i afsnit 5, hvor tidshorizonten er 15 år. Vælges en væsentlig længere tidshorizont for simulationerne, bør modellen kalibreres med elasticiteter mellem K , E og L , som nærmer sig elasticiteter i GREEN. Omvendt er elasticiteterne for store ved valg af en væsentlig kortere tidshorizont.

Substitutionselasticiteterne mellem el og ikke-el energi er estimeret på de danske energimatricer og varierer over erhverv, men antager en gennemsnitlig værdi på 0,3 for de ikke-energiproducerende erhverv. Substitutionselasticiteterne mellem naturgas og energi ekskl. el og naturgas kan ikke estimeres på danske data, fordi naturgas er rationeret fra udbudssiden, men er skønsmæssigt sat til 1/4 i alle beregninger i denne artikel.

Elasticiteterne i udenrigshandelen er i de hidtidige beregninger med 15 års sigt ligeledes fastlagt som maksimum af resultaterne i den tilgængelige danske empiriske litteratur. For importen ligger de fleste priselasticiteter for ikke-energivarer mellem -1,2 og -1,8 i såvel erhvervenes inputefterspørgsel som i de øvrige anvendelser. I øvrigt kan det nævnes, at for de fleste forarbejdede varer er eksportpriselasticiteten fastsat til -3,8. Parametrene i allokeringen af de private forbrug på 15 komponenter er estimeret på danske data.

5. En konkret anvendelse: Virkninger af en tilbageført CO₂-afgift

I dette afsnit diskuteres en konkret anvendelse af GESMEC, nemlig beregning af virkningerne af en CO₂-afgift med tilbageføring af proventet.

Det antages, at der føres en aktiv finanspolitik, som sikrer, at saldoen på betalingsbalancens løbende poster er upåvirket af afgiften og dens afledte virkninger. Da CO₂-afgiften isoleret udgør en finanspolitisk stramning, skal der ske en modsvarende lettelse, som netop sikrer uændret betalingsbalance. Denne lempelse antages at ske ved generelle subsidier eller indkomstskattelettelser for husholdninger og virksomheder. Der er således ikke tale om en krone til krone tilbageføring af proventet.

5.1 Teoretiske virkninger af en tilbageført energiafgift

Gennemgangen af miniature-modellen i afsnit 3 viser, at virkningerne af en CO₂-afgift på den samlede indenlandske produktion og værditilvækst især afhænger af virksomhedernes reaktion i inputefterspørgslen, af virkningen af konkurrenceevneændringen over for udlandet samt af arbejdsmarkedets reaktion herpå. Også husholdningernes reaktion i form af ændret forbrugssammensætning er væsentlig, men kvantitativt mindre betydende og vil for enkelheds skyld blive ignoreret i dette afsnit.

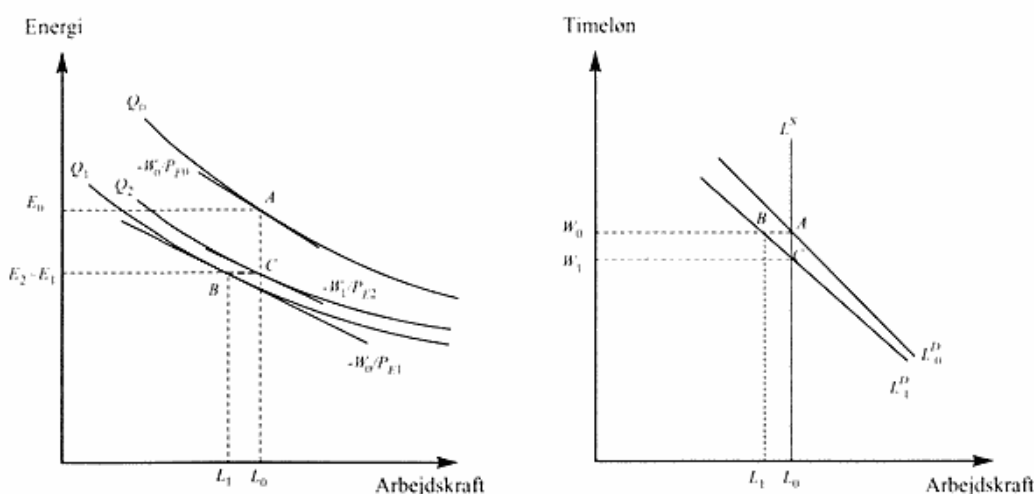
De principielle mikro- og makroøkonomiske virkninger af CO₂-afgiften skal derfor diskuteres med udgangspunkt i en grafisk illustration af en repræsentativ virksomheds valg af inputs samt af løndannelsen på arbejdsmarkedet, jf. figur 2. For overskuelighedens skyld antages, at virksomheden bruger 2 inputs i produktionsprocessen: energi og arbejdskraft.⁹

Virksomhedens produktionsteknologi repræsenteres af isokvanter, mens prisforholdet mellem arbejdskraft og energi er repræsenteret ved hældningen på isokostlinjer. Før afgiftspåleggelsen er virksomhedens produktion og faktorsammensætning givet ved Q_0 og (E_0, L_0) svarende til tangeringspunktet mellem isokvanten og isokostlinjen i punktet A, jf. venstre halvdel af figur 2.

Lønnen bestemmes på arbejdsmarkedet. Principielle aspekter af løndannelsen er illustreret i højre halvdel af figur 2. Udbuddet af arbejdskraft er antaget uafhængigt af lønnen svarende til at kurven L^S er lodret. Efterspørgslen efter arbejdskraft, der er repræsenteret af L^D -kurven, afhænger af bl.a. konkurrenceevnen samt saldoen på betalingsbalancens løbende poster, jf. betalingsbalancerestriktionen.¹⁰ Konkurrenceevnen afhænger af bl.a. prisen på arbejdskraft og energi i Danmark. En dansk energiprisstigning forudsættes alt andet lige at rykke L^D -kurven mod syd-vest, da efterspørgslen

9. De kvalitative argumenter ændres ikke, men analysen bliver mere kompliceret, når kapital og materialer (samt jord) inddrages.

10. Kurven L^D er udledt under den forudsætning, at saldoen på betalingsbalancen ikke påvirkes ved bevægelser på kurven. Instrumentet, der sikrer dette, er en aktiv finanspolitik.



Figur 2. Mulige principielle virkninger af isoleret dansk energiafgift på erhvervene, hvor provenuet tilbageføres i form af subsidier.

efter arbejdskraft ved uændret løn vil falde.¹¹ I udgangssituationen, dvs. før der pålægges energiafgift, er beskæftigelsen givet ved L_0 og lønnen ved W_0 svarende til punktet A i højre halvdel af figur 2. Ved denne løn er efterspørgslen efter arbejdskraft lig med udbuddet.

Pålægges virksomheden en energiafgift, kan de principielle virkninger illustreres på følgende måde. Afgiften øger energiprisen til P_{E1} . For den repræsentative virksomhed bliver arbejdskraft et relativt billigere input end energi, hvilket illustreres af en fladere isokostlinje med hældningen $-W_0/P_{E1}$. Stigningen i energiprisen vil forringe konkurrenceevnen og dermed forskyde arbejdskraftefterspørgselskurven til L^D_1 . Arbejdsmarkedets reaktion på energiafgiften er afgørende for de samfundsøkonomiske virkninger. Er arbejdsmarkedet ufleksibelt svarende til nominal lønstivhed, vil virksomhederne vælge beskæftigelsen L_1 og energianvendelsen E_1 , jf. punktet B i venstre halvdel af figuren. På samfundsniveau vil efterspørgslen efter arbejdskraft til den givne løn være mindre end udbuddet, hvilket resulterer i ledigheden $L_0 - L_1$.

Er arbejdsmarkedet fleksibelt, vil lønnen falde, svarende til at den oprindelige beskæftigelse fastholdes. Dette kræver et lønfald fra W_0 til W_1 , jf. punktet C i højre halvdel af figur 2. Lønfaldet betyder en større efterspørgsel efter dansk producerede varer og tjenester. Den repræsentative virksomhed bliver i forhold til situationen med

11. Antagelsen om at L^D -kurven rykker mod syd-vest ved energiprisstigninger forudsætter, at den arbejdskraftbesparende output-effekt som følge af reduceret konkurrenceevne dominerer den arbejdskraftforbrugende substitutionseffekt.

ufleksibel løndannelse stillet over for både en øget efterspørgsel repræsenteret ved isokvanten Q_2 og et andet prisforhold mellem energi og arbejdskraft ($-W_1/PE_2$), jf. venstre halvdel af figuren. Den omkostningsminimerende faktorkombination er i punktet C .¹²

Som forskydningerne af kurverne i figur 2 er tegnet, fører pålæggelse af en energiafgift til, at det økonomiske velstandsniveau forringes, idet den indenlandske produktion formindskes fra Q_0 til Q_2 eller Q_1 afhængigt af arbejdsmarkedets funktion. På forhånd kan det imidlertid ikke udelukkes, at kurverne forskydes, så en energiafgift vil øge den økonomiske velstand. En situation, hvor dette kan tænkes at opstå, er den, hvor udlandets efterspørgsel efter danske varer og tjenester er relativ prisufølsom (uelastisk). I dette tilfælde vil konkurrenceevneforringelsen som følge af energiafgiften kun i begrænset omfang påvirke udlandets efterspørgsel efter danske varer og tjenester. Derved vil der opstå et betalingsbalanceoverskud i kraft af det forbedrede bytteforhold (udlandet betaler en højere pris for en stort set uændret mængde danske varer). Dette betalingsbalanceoverskud muliggør en finanspolitisk lempelse, der vil blive omsat i øget realløn og velstand. Det kan også tænkes, at en energiafgift vil føre til en velstandsstigning, hvis virksomhedernes tekniske muligheder for at erstatte energi med arbejdskraft er meget store. I denne situation er det kun nødvendigt med en begrænset energiafgift for at realisere den ønskede energibesparelse. De negative virkninger af den deraf følgende moderate konkurrenceevneforringelse kan meget vel tænkes at blive mere end opvejet af sparet energiimport.¹³

Teoretisk er det således ikke muligt at afgøre fortegnet på velstandsændringerne af en energiafgift, og formålet med GESMEC-beregningerne er derfor at få klargjort både fortegnet på og størrelsen af de samfundsøkonomiske virkninger.

5.2 Beregningsresultater

Den danske CO₂-målsætning er at reducere udledningen af CO₂ med 20 pct. i år 2005 i forhold til udledningen i 1988. Dimensioneringen af virkemidlerne afhænger derfor bl.a. af størrelsen af den udledning, der uden indgreb forventes i år 2005. Denne afhænger bl.a. af aktivitetsudviklingen, energipriserne samt den miljø- og energipolitik, som må forventes gennemført under alle omstændigheder. Da der ikke er lavet et sådant egentligt grundforløb med GESMEC, er der i stedet taget udgangspunkt i fremskrivningerne af CO₂-emissionen i energi- og transporthandlingsplanerne fra 1990. I

12. Det nominelle lønfald bevirker også, at energiafgiften skal hæves marginalt svarende til energiprisen P_{E_2} . Årsagen hertil er en målsætning om at fastholde en energiefterspørgsel på $E_1=E_2$. Det antages forenkende, at den øgede afgift ikke påvirker beliggenheden af L^D_1 -kurven. I virkeligheden forskydes kurven marginalt mod syd-vest.

13. Hvis det pågældende land er nettoeksportør af energi, vil fordelene vise sig som en større nettoeksport af energi.

disse handlingsplaner forventes emissionen at være ca. 5 pct. højere i år 2005 end i 1988, og derfor antages den danske målsætning at være en 25 pct. reduktion i forhold til et underliggende grundforløb.

Det forudsættes, at afgiften uniformt pålægges al anvendelse af de primære brændsler i hele økonomien gradueret efter CO₂-udslippet ved forbrænding. Beregningen vedrører altså *ikke* de nuværende danske CO₂-afgifter, der er udformet på en væsentlig anden måde også med hensyn til tilbageføringen af provenuet.

De makroøkonomiske resultater fremgår af tabel 2. I søjle 1 præsenteres konsekvenserne af en isoleret dansk reduktion af CO₂-udledningen med 25 pct. ved brug af en tilbageført (betalingsbalanceneutral) afgift, når der anvendes den neoklassiske standardlukning og substitutionselasticiteterne i afsnit 4. Bruttoprovenuet fra afgiften udgør godt 13 mia. kr. svarende til en afgift på ca. 300 kr. pr. ton CO₂. Beregningerne viser, at en sådan CO₂-afgift mindsker privatforbruget med 0,3 pct. og BNP med 0,7 pct. I forhold til den teoretiske diskussion i afsnit 5.1 viser denne beregning, at der er samfundsøkonomiske omkostninger forbundet med CO₂-målsætningen, omend de er begrænsede. Da Danmark kun bidrager med 3-4 promille af den globale udledning af CO₂, som er det relevante mål for denne forureningstype, resulterer en dansk nedbringelse af udledningen med 25 pct. kun i en global CO₂-reduktion på ca. 0,1 pct. Beregningen hviler på den forudsætning, at udlandets CO₂-udledning er upåvirket af danske tiltag.

Der er ikke i beregningerne taget hensyn til mulige gunstige effekter af at tilbageføre provenuet i form af skattelettelser, der mindsker forvridningerne i økonomien. Muligheden for at opnå en dobbelt fordel eller dividende ved at øge beskatningen af forurenende halvfabrikata og forbrugsvarer samt sænke beskatningen af arbejdskraft diskuteres hyppigt i den offentlige debat. Teoretisk er det omstridt, hvorvidt sådanne fordele kan opnås, jf. eksempelvis Goulder (1994).

De samfundsøkonomiske omkostninger ved at opfylde CO₂-målsætningen afhænger bl.a. af virksomhedernes tekniske muligheder for at erstatte energi med andre inputs samt arbejdsmarkedets fleksibilitet, jf. diskussionen i afsnit 3 og 4. I tabel 2 er scenarie 1 sammenholdt med to alternative afgiftsscenarier, der belyser de samfundsøkonomiske konsekvenser af alternative antagelser om de tekniske substitutionsmuligheder (scenarie 2) og arbejdsmarkedets virkemåde (scenarie 3). Effekten af at reducere erhvervenes tekniske substitutionsmuligheder (substitutionselasticiteterne) med 20 pct. er en stigning i forbrugstabet fra 0,3 til 0,4 pct., jf. scenarie 1 sammenholdt med scenarie 2. Årsagen hertil er som tidligere nævnt, at lavere substitutionsmuligheder alt andet lige kræver højere afgift for at realisere CO₂-målsætningen. Betydningen af arbejdsmarkedets funktionsmåde kan illustreres ved at sammenholde scenarie 1 (fleksibel løn) med scenarie 3 (ufleksibel løn). På et arbejdsmarked uden nominel løn-tilpasning vil indgrebet resultere i en forbrugsnedgang på 1 pct. og en beskæftigelses-

Tabel 2. Virkning af en CO₂-afgift med tilbageføring i år 2005 under forskellige antagelser.

Pct.vis ændring i	Scenarie 1: Normal substitution Fleksibel løn	Scenarie 2: Lav substitution Fleksibel løn	Scenarie 3: Normal substitution Ufleksibel løn
Real BNP	-0,7	-0,8	-1,5
Private forbrug	-0,3	-0,4	-1,0
Investeringer	-2,2	-2,6	-4,8
Eksport	-2,5	-2,6	-3,4
Import	-2,5	-2,6	-3,3
Kapitalmængde	-0,6	-0,7	-1,4
Bytteforhold	0,6	0,6	0,8
Kapitallejepriser	0,4	0,4	0,6
Forbrugerpris	3,2	3,8	3,5
Nominel løn	-0,6	-1,1	0,0
Beskæftigelse	0,0	0,0	-0,9
Global CO ₂ -udledning	-0,1	-0,1	-0,1
Dansk CO ₂ -udledning	-25,0	-25,0	-25,0
<i>Absolut ændring:</i>			
Vare-tj.balance, mia. kr.	0,0	0,0	0,0
Brutto afgiftsprovener, mia. kr.	13,3	16,5	13,0

nedgang på knap 1 pct. svarende til ca. 25.000 personer, selvom reallønnen falder. I scenarie 1 kan beskæftigelsen fastholdes, og forbrugstabet er knap 1/3. I de præsenterede beregninger er det således især arbejdsmarkedets fleksibilitet, der er væsentlig for de samfundsøkonomiske omkostninger ved gennemførelsen af energi- og miljøpolitiske indgreb.

I Frandsen, Hansen og Trier (1995) anføres desuden beregninger der viser, at omkostningerne ved CO₂-kvoter er større end ved CO₂-afgifter, at omkostningerne ved yderligere CO₂-reduktioner er stærkt stigende, og at internationalt koordinerede CO₂-afgifter påfører Danmark mindre tab end isolerede danske afgifter.

6. Afsluttende bemærkninger

Er CO₂-beregningerne troværdige? Umiddelbart kan det forekomme at være en optimistisk vurdering, at det på langt sigt kun koster 0,3 pct. i tabt privat forbrug at reducere det danske CO₂-udslip med 25 pct. I så fald kan det være svært at forstå den betydelige modstand mod danske CO₂-afgifter.

Modelberegningerne er selvfølgelig kun regneeksempler baseret på stiliserede forudsætninger, og det må altid tages i betragtning, at brud på forudsætningerne i virkelighedens verden kan ændre facit betydeligt. Grundlæggende kan det især betvivles,

om økonomien er så fleksibel på langt sigt som antaget i den neoklassiske standard lukning. Efter årtier med stadig voksende ledighed er der specielt grund til at betvivle fleksibiliteten på arbejdsmarkedet selv på langt sigt. På det kortere sigt, der spiller en overvejende rolle i den politiske beslutningsproces, er fleksibiliteten i hvert fald begrænset. Som indikeret ovenfor vokser de beregnede omkostninger betydeligt, hver gang økonomiens fleksibilitet begrænses. Den praktiske implikation er, at CO₂-afgifter bør indføres gradvist efter en annonceret plan for at mindske tilpasningsomkostningerne mest muligt.

Desuden har CO₂-afgiften ret forskellige virkninger for erhvervene, jf. Frandsen, Hansen og Trier (1995), med de udlandskonkurrerende erhverv som tabere. Det kan i sig selv forklare modstanden mod afgiften. Mulig usikkerhed om den fremtidige udformning af tilbageføringsnøglen, herunder hvorvidt hele prøvenuet tilbageføres, kan også spille en rolle.

Det skal endelig understreges, at beregningerne ikke kan anvendes til at udtale sig om hensigtsmæssigheden af den danske CO₂-målsætning, da evt. gunstige miljøeffekter af en dansk CO₂-reduktion ikke er indregnet. Det kan fremføres, at en dansk enegang har forsvindende virkning på verdens samlede udslip, der er det relevante mål i denne sammenhæng, så isoleret set kan omkostningerne ud fra dette synspunkt betragtes som spildte. Til gengæld formindsker CO₂-reducerende tiltag også andre energirelaterede emissioner med skadelige virkninger i Danmark. Det har endelig været hævdedet, at den danske CO₂-politik kan have en afsmittende effekt på klimapolitikken i andre lande.

Litteratur

- Armington, P. S. 1969. A theory of demand for products distinguished by place of production. *IMF Staff Papers* 26.
- Burniaux, J. M., J. P. Martin, G. Nicoletti og J. Oliveira-Martins. 1991. GREEN – A multi region dynamic general equilibrium model for quantifying the costs of curbing CO₂ emissions: A technical manual. *OECD Working Paper* 104.
- Det økonomiske Råd. 1993. *Dansk økonomi, maj 1993*. København.
- Det økonomiske Råds sekretariat. 1994. *SMEC. Modeldokumentation og beregnede virkninger af økonomisk politik*. København.
- Dixon, P. B., B. R. Parmenter, J. Sutton og D. P. Vincent. 1982. *ORANI: A Multisectoral Model of the Australian Economy*. Amsterdam.
- Frandsen, S. E., J. V. Hansen og P. Trier. 1994. A general equilibrium model for Denmark with two applications. *Economic and Financial Modelling* 1: 105-138.
- Frandsen, S. E., J. V. Hansen og P. Trier. 1995. *GESMEC. En generel ligevægtsmodel for Danmark. Dokumentation og anvendelser*. København.
- Goulder, L. H. 1994. *Environmental Taxation and the Double Dividend: A Reader's Guide*. Paper presented to the 50th Congress of the International Institute of Public Finance, August 1994: 22-25. Harvard University, Cambridge.
- Holmøy, E., G. Nordén og B. Strøm. 1994. MSG-5. A complete description of the system of equations. *Reports: 94/19*. Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- Horridge, J. M., B. R. Parmenter og K. R.

om økonomien er så fleksibel på langt sigt som antaget i den neoklassiske standard lukning. Efter årtier med stadig voksende ledighed er der specielt grund til at betvivle fleksibiliteten på arbejdsmarkedet selv på langt sigt. På det kortere sigt, der spiller en overvejende rolle i den politiske beslutningsproces, er fleksibiliteten i hvert fald begrænset. Som indikeret ovenfor vokser de beregnede omkostninger betydeligt, hver gang økonomiens fleksibilitet begrænses. Den praktiske implikation er, at CO₂-afgifter bør indføres gradvist efter en annonceret plan for at mindske tilpasningsomkostningerne mest muligt.

Desuden har CO₂-afgiften ret forskellige virkninger for erhvervene, jf. Frandsen, Hansen og Trier (1995), med de udlandskonkurrerende erhverv som tabere. Det kan i sig selv forklare modstanden mod afgiften. Mulig usikkerhed om den fremtidige udformning af tilbageføringsnøglen, herunder hvorvidt hele prøvenuet tilbageføres, kan også spille en rolle.

Det skal endelig understreges, at beregningerne ikke kan anvendes til at udtale sig om hensigtsmæssigheden af den danske CO₂-målsætning, da evt. gunstige miljøeffekter af en dansk CO₂-reduktion ikke er indregnet. Det kan fremføres, at en dansk enegang har forsvindede virkning på verdens samlede udslip, der er det relevante mål i denne sammenhæng, så isoleret set kan omkostningerne ud fra dette synspunkt betragtes som spildte. Til gengæld formindsker CO₂-reducerende tiltag også andre energirelaterede emissioner med skadelige virkninger i Danmark. Det har endelig været hævdet, at den danske CO₂-politik kan have en afsmittende effekt på klimapolitikken i andre lande.

Litteratur

- Armington, P. S. 1969. A theory of demand for products distinguished by place of production. *IMF Staff Papers* 26.
- Burniaux, J. M., J. P. Martin, G. Nicoletti og J. Oliveira-Martins. 1991. GREEN – A multi region dynamic general equilibrium model for quantifying the costs of curbing CO₂ emissions: A technical manual. *OECD Working Paper* 104.
- Det økonomiske Råd. 1993. *Dansk økonomi, maj 1993*. København.
- Det økonomiske Råds sekretariat. 1994. *SMEC. Modeldokumentation og beregnede virkninger af økonomisk politik*. København.
- Dixon, P. B., B. R. Parmenter, J. Sutton og D. P. Vincent. 1982. *ORANI: A Multisectoral Model of the Australian Economy*. Amsterdam.
- Frandsen, S. E., J. V. Hansen og P. Trier. 1994. A general equilibrium model for Denmark with two applications. *Economic and Financial Modelling* 1: 105-138.
- Frandsen, S. E., J. V. Hansen og P. Trier. 1995. *GESMEC. En generel ligevægtsmodel for Danmark. Dokumentation og anvendelser*. København.
- Goulder, L. H. 1994. *Environmental Taxation and the Double Dividend: A Reader's Guide*. Paper presented to the 50th Congress of the International Institute of Public Finance, August 1994: 22-25. Harvard University, Cambridge.
- Holmøy, E., G. Nordén og B. Strøm. 1994. MSG-5. A complete description of the system of equations. *Reports: 94/19*. Statistisk Sentralbyrå, Oslo.
- Horridge, J. M., B. R. Parmenter og K. R.

- Pearson. 1993. ORANI-F: A general equilibrium model of the Australian economy. *Economic and Financial Computing*, Summer 1993: 71-140.
- Jensen, J. D. og K. M. Lind. 1993. Price and compensation effects on Danish crop production and land use. European Association of Agricultural Economists, VIIth EEAE Congress, 6-10th September 1993, Contributed Papers, Volume D, *Aspects of the Common Agricultural Policy*: 142-156.
- Smidt, J. og F. Knudsen. 1995. Ligninger for erhvervenes energiefterspørgsel. *Arbejds-papir*, Danmarks Statistik, Modelgruppen, 24. januar 1995.
- Thomsen, T. 1995. Faktorefterspørgsel på kort og langt sigt. *Nationaløkonomisk Tidsskrift* 133: 52-65.
- Thomsen, T., K. T. Hansen og J. Smidt. 1993. Sammenligning af 2. generations translog- og CES-estimationer. *Arbejds-papir*, Danmarks Statistik, Modelgruppen, 20. november 1993.