

Forskellige estimationsresultater for fordeling af energiforbrug i EMMA, eksempel nm

Resumé:

Efter forskellige forsøg på estimationer af fordelingen af erhvervenes energiforbrug i EMMA, præsenteres i dette papir de forskellige tilgange, der er forsøgt. Først et GLO-system med prissubstitution mellem de tre energityper (transportbrændsel, t , el , e , og øvrig energi, o) estimeret på de nye energimatricer 1975-1996, dernæst samme system estimeret over perioden 1966-1996, hvor data er ført tilbage mellem 1966 og 1974 ved hjælp af de gamle EMMA-serier. Endelig enkeltligningsestimation af de tre energityper med fejlkorrigeringsligninger for perioden 1975-1994.

Kun et enkelt erhverv, nm , er præsenteret i dette papir.

dgr11299.wp

Nøgleord: EMMA, erhvervenes energiforbrug, GLO, enkeltligning

Modelgruppepapirer er interne arbejdsrapporter. De konklusioner, der drages i papirerne, er ikke endelige og kan være ændret inden opstillingen af nye modelversioner. Det henstilles derfor, at der kun citeres fra modelgruppepapirerne efter aftale med Danmarks Statistik.

1. Indledning

Dette papir gennemgår forskellige estimationsresultater for fordelingen af erhvervenes energiforbrug i EMMA. Der vises kun estimationsresultater for et enkelt erhverv, *nm*.

Først ses i afsnit 2 på et GLO-system med prissubstitution mellem de tre energityper (transportbrændsel, *t*, el, *e*, og øvrig energi, *o*) estimeret på de nye reviderede energimatricer 1975-1996, dernæst samme system estimeret over perioden 1966-1996, med tilbageførte tal ved hjælp af de gamle EMMA-serier baseret på ikke-reviderede energimatricer. I afsnit 3 ses på enkeltlignings-estimation af de tre energityper med fejlkorrektionsligninger for perioden 1975-1994. Det fjerde og sidste afsnit afrunder og anbefaler en vej til nye model-ligninger.

2. GLO-system

I afsnit 2.1 gennemgås det anvendte GLO-system kort (Generaliseret Leontief Omkostningsfunktion). Modellspecifikationen er gennemgået grundigt i papiret dgr15998 og for yderligere detaljer henvises dertil. Det nuværende system repeteres i afsnit 2.2. Krydsprisindeffekter diskuteres i afsnit 2.3. De sidste afsnit vedrører estimationsresultaterne, hvor afsnit 2.4 beskriver, hvordan modellspecifikationen udvælges, og afsnittene 2.5 og 2.6 indeholder estimationsresultater for henholdsvis perioden 1975-1996 og 1966-1996.

Det er her valgt at estimere i Joule, og aggregaterne er dannet i Joule. I arbejdsrapporten mow20n98 'Data for erhvervenes energiefterspørgsel i EMMA' diskuteres aggregering af energiarter henholdsvis i Joule og ved hjælp af Tørnqvist- og Fisherkædeindex, papiret tager ikke stilling til, hvilken aggregering der foretrækkes.

2.1. Model

Der opstilles et GLO-fordelingssystem med prissubstitution for energityperne transportbrændsel, *t*, el, *e*, og øvrig energi, *o*. Dynamisering er foretaget med en fejlkorrektionsmodel. Der er pålagt svag separabilitet mellem transportenergi og de to andre energityper. GLO-funktionen med effektivitetskorrigerede mængder og priser er som følgende

$$C_E \left(E, \frac{p_1}{e_1}, \frac{p_2}{e_2}, \frac{p_3}{e_3} \right) = E \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \beta_{ij} \left(\frac{p_i}{e_i} \right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{p_j}{e_j} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

hvor E er samlet energiforbrug målt i Joule, p_i er prisen på energiart i målt i kr/Joule (dog normeret, så 1990=1), β_{ij} er parametre, der bestemmer pris-

elasticiteterne, og e_i er et effektivitetsindeks for energitype i givet på følgende måde

$$e_i = \exp\left(\omega_{i1}t + \frac{1}{2}\omega_{i2}t^2 + \sum_j \alpha_{ij}D_j\right) \quad (2)$$

hvor t er tiden, D_j er den j 'te dummy, ω og α er parametre.

Den ønskede efterspørgsel efter energitype i , E_i^* , er bestemt som

$$E_i^* = \frac{\partial C_E}{\partial p_i} = \frac{E}{e_i} \left(\sum_j \beta_{ij} \left(\frac{p_j e_i}{e_j p_i} \right)^{\frac{1}{2}} \right), \quad i, j = 1, 2, 3 \quad (3)$$

Ligningerne, der estimeres, er omskrevet til andele E_i / E , idet $E = E_1 + E_2 + E_3$.

Systemet er singulært, derfor udelades den ene ligning i estimationen, og de tilhørende parametre bestemmes ud fra parameterrestriktioner.

Systemet er pålagt følgende fire parameterrestriktioner:

$$\text{Symmetri:} \quad \beta_{ij} = \beta_{ji}, \quad i \neq j$$

$$\text{Adding-Up:} \quad \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \beta_{ij} = 1$$

Restriktionen sikrer eksakt adding-up (dvs. $E = E_1 + E_2 + E_3$) i 1990, idet effektivitetsindeks og priser er normeret, så de antager værdien en i 1990. Estimationsresultaterne viser, at systemet med denne restriktion ofte ikke giver adding-up i begyndelsen af estimationsperioden, men det er desværre ikke muligt at pålægge en restriktion, der sikrer eksakt adding-up i alle estimationsår.

Trendrestriktion: Restriktionen sikrer, at effektivitetsindeksene kan tolkes som afvigelser fra et aggregeret energieffektivitetsindeks, hvilket er teoretisk korrekt, jf. arbejdspapiret MAR18499.

$$e_1^{s_1} e_2^{s_2} e_3^{s_3} = 1 \quad \Leftrightarrow \quad \omega_{3k} = -\frac{s_1}{s_3} \omega_{1k} - \frac{s_2}{s_3} \omega_{2k}, \quad k = 1, 2$$

Hvor $s_i = E_i / E$ er andelen i 1990 af energitype i ud af det samlede energiforbrug. Hvis der er dummier med, skal α_{ij} 'erne vægtes tilsvarende.

Svag separabilitet: Der antages, at transportenergi er svag separabel fra el og øvrig energi. Antagelsen betyder, at forholdet mellem forbrug af el og øvrig energi ikke påvirkes af ændringer i prisen på transportenergi. Med transportenergi som indeks 1, sikrer følgende restriktion, at antagelsen om svag separabilitet holder eksakt i 1990.

$$\beta_{31} = \beta_{21} \frac{\beta_{33} + \beta_{23}}{\beta_{22} + \beta_{23}}$$

Den dynamiske tilpasning til det ønskede energiforbrug specificeres på fejlkorrektionsform (indeks i er udeladt)

$$D(E_t) = k_1 D(E_t^*) + k_2 (E_{t-1}^* - E_{t-1}) \quad (4)$$

2.2. Det hidtidige system

Det hidtidige system er dels beskrevet i EMMA bogen (*Energi- og emissionsmodeller til ADAM*) og (mere udførligt) i Andersen & Trier (1995): '*Environmental satellite models for ADAM*' (AT95). I dette afsnit opskrives blot ligningerne til sammenligning med det foregående forslag til ny formulering af systemet.

Omkostningsfunktionen var ligeledes en GLO-funktion, hvor E her var den samlede udgift til energiforbrug i modsætning til den samlede mængde.

$$C_E(E, p_1, p_2, p_3) = E \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 g_{ij} p_i^{\frac{1}{2}} p_j^{\frac{1}{2}} \quad (5)$$

Tidstrend og eventuelle dummies kom ind via parameteren g_{ii} :

$$g_{ii} = \tilde{g}_{ii} + g_{i1} t + g_{i2} t^2 + \sum_j g_{idj} D_j \quad (6)$$

Der blev estimeret i budgetandele i løbende værdi, hvor S_i^* var den optimale budgetandel for energitype i på langt sigt:

$$S_i^* = \frac{\sum_{j=1}^3 g_{ij} p_i^{\frac{1}{2}} p_j^{\frac{1}{2}}}{\sum_{k=1}^3 \sum_{l=1}^3 g_{kl} p_k^{\frac{1}{2}} p_l^{\frac{1}{2}}}, \quad i = 1, 2, 3 \quad (7)$$

Den dynamiske tilpasning blev ligeledes foretaget med en fejlkorrektionsligning, dog formuleret i budgetandele. Desuden var der pålagt parameterrestriktioner af samme type som de ovenfor gennemgåede.

Det i afsnit 2.1 skitserede forslag adskiller sig fra det ovenstående på to punkter: Der estimeres i mængder i stedet for budgetandele, og effektivitetsindeksene er formuleret anderledes. Dette skyldes et ønske om at gøre fortolkningen af langsigstilpasningen og effektivitetsindeksene mere klar.

2.3. Partielle priselasticiteter

De partielle egen- og krydspriselasticiteter findes udfra (3). Egenpriselasticiteten for energitype i er givet ved

$$\xi_{ii} = \frac{\partial E_i^*}{\partial p_i} \frac{p_i}{E_i^*} = \frac{1}{2} \left(\frac{\beta_{ii} \left(\frac{p_i}{e_i} \right)^{\frac{1}{2}}}{\sum_{k=1}^3 \beta_{ik} \left(\frac{p_k}{e_k} \right)^{\frac{1}{2}}} - 1 \right), \quad i = 1, 2, 3 \quad (8)$$

og krydspriselasticiteten for den ønskede efterspørgsel på energitype i med hensyn til prisen på energitype j er givet ved

$$\xi_{ij} = \frac{\partial E_i^*}{\partial p_j} \frac{p_j}{E_i^*} = \frac{1}{2} \frac{\beta_{ij} \left(\frac{p_j}{e_j} \right)^{\frac{1}{2}}}{\sum_{k=1}^3 \beta_{ik} \left(\frac{p_k}{e_k} \right)^{\frac{1}{2}}}, \quad i, j = 1, 2, 3 \text{ og } i \neq j \quad (9)$$

Er der krydsprisindeffekter?

Modellen er opstillet som et fordelingsystem, da vi *tror*, der er substitutions-effekter mellem de tre energityper, dvs. de partielle krydspriselasticiteter, ξ_{ij} , *ikke* er nul. Hvordan vil det vise sig i estimationen, hvis der nu *ikke* er substitutionseffekter? I og med at elasticiteterne summer til nul rækkevis (se (8) og (9)) er det ikke (med den valgte nestningsstruktur) muligt at have egenpris-elasticiteter (ξ_{ii}), hvis alle krydspriselasticiteterne (ξ_{ij}) er nul. Krydspris-elasticiteten ξ_{ij} bliver nul, hvis parameteren β_{ij} er nul.

Hvis nu alle β_{ij} 'erne ($i \neq j$) estimeres til nul (eller bare næsten nul), da bliver alle krydspriselasticiteterne nul, og dermed bliver også alle egenpriselasticiteterne nul. (Bemærk at alle β_{ii} 'erne ikke kan være nul samtidig med, at β_{ij} 'erne er nul, da adding-up restriktionen siger at $\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \beta_{ij} = 1$). Hvad bestemmer da ligningen? Hvis der ikke er nogen trend i ligningen, er der kun β_{ii} 'erne tilbage, dvs. ligningerne vil forudsige en konstant andel af hver energiart, idet formel (3) reducerer til:

$$\frac{E_i}{E} = \beta_{ii} \text{ og } \sum_i \beta_{ii} = 1 \quad (10)$$

Måske er det dette problem, vi ser på adskillige af graferne senere i papiret.

2.4. Valg af modelspecifikation

For hvert erhverv er der forsøgt estimeret seks modelspecifikationer, (det er ikke forsøgt at estimere med dummier):

- 1) ingen trend, ingen dynamik
- 2) lineær trend, ingen dynamik
- 3) kvadratisk trend, ingen dynamik
- 4) ingen trend, dynamik
- 5) lineær trend, dynamik
- 6) kvadratisk trend, dynamik

Da systemet ikke automatisk sikrer global konkavitet af omkostningsfunktionen (1), er der en række mere eller mindre objektive krav til valg af modelspecifikation.

1. Det første nødvendige krav er, at estimationsprogrammet (GAUSS) konvergerer til en løsning. For visse modelspecifikationer for nogle erhverv er det ikke lykkedes. I tilfældet med kvadratisk trend og dynamik skal der estimeres 10 parametre, og det har været problematisk.
2. Den væsentligste grund til afvisning af en modelspecifikation har været, at omkostningsfunktionen C_E ikke er konkav i det fundne optimum. Dette afsløres ved, at egenværdierne for matricen af Allen substitutionselasticiteter ikke er negative (jf. AT95 s. 45). I den første version af modellen var dette også det udslagsgivende i valget af modelspecifikation.
3. Det er et ufravigeligt krav, at de forudsagte andele ligger mellem nul og en, og at summen af andelenes ikke ligger langt fra en. Det sidste kan især være et problem i tilfældet med kvadratisk trend, idet trendrestriktionen kun holder eksakt i 1990, så en kvadratisk trend så at sige kan vride andelenes skæve i begyndelsen af estimationsperioden.
4. I tilfældet med dynamik, skal tilpasningsparametrene have en 'passende' størrelse, for det første skal de være positive og må ikke være meget små, desuden valgte vi ikke at acceptere over-shooting, $k_j > 1$, (hvis det sidste ikke var opfyldt, kunne det dog være et tegn på, at energien kompenserende for andre faktorer, der var træge, hvilket vi stiller os skeptiske overfor).
5. Egenpriselasticiteterne, ξ_{ii} , skal være negative, og krydspriselasticiteterne, ξ_{ij} , skal helst være positive (ellers numerisk små, hvis de er negative).

Hvis de ovennævnte krav er opfyldt for flere modelspecifikationer for et erhverv, vælges den endelige modelspecifikation ud fra subjektive kriterier. Der ses primært på, hvilken specifikation der giver de pæneste residualplots.

2.5. Estimationsresultater 1975-1996

De følgende sider indeholder estimationsresultater for *nm*-erhvervet. Der er estimeret på data fra de reviderede energimatricer for årene 1975-1996. Der var to modelspecifikationer, der passede de objektive kriterier, og de er begge vist her. Det endelige valg af modelspecifikation kan så foretages efter øjemål.

Modellen omfatter følgende tretten erhverv: *a*, *nf*, *nn*, *nb*, *nm*, *nt*, *nk*, *nq*, *b*, *qh*, *qf*, *qq* og *o*. Estimationsresultater for disse erhverv forefindes i papiret dgr05199, hvorfra også estimationsresultaterne for *nm* erhvervet stammer.

Der bliver vist residualplot for de tre ligninger, og da systemet bygger på prissubstitution, er der til sammenligning vist en graf over prisudviklingen i de tre energipriser i estimationsperioden. Desuden er angivet de estimerede elasticiteter. De er overraskende pæne, hvorimod residualplottene generelt ikke er kønne.

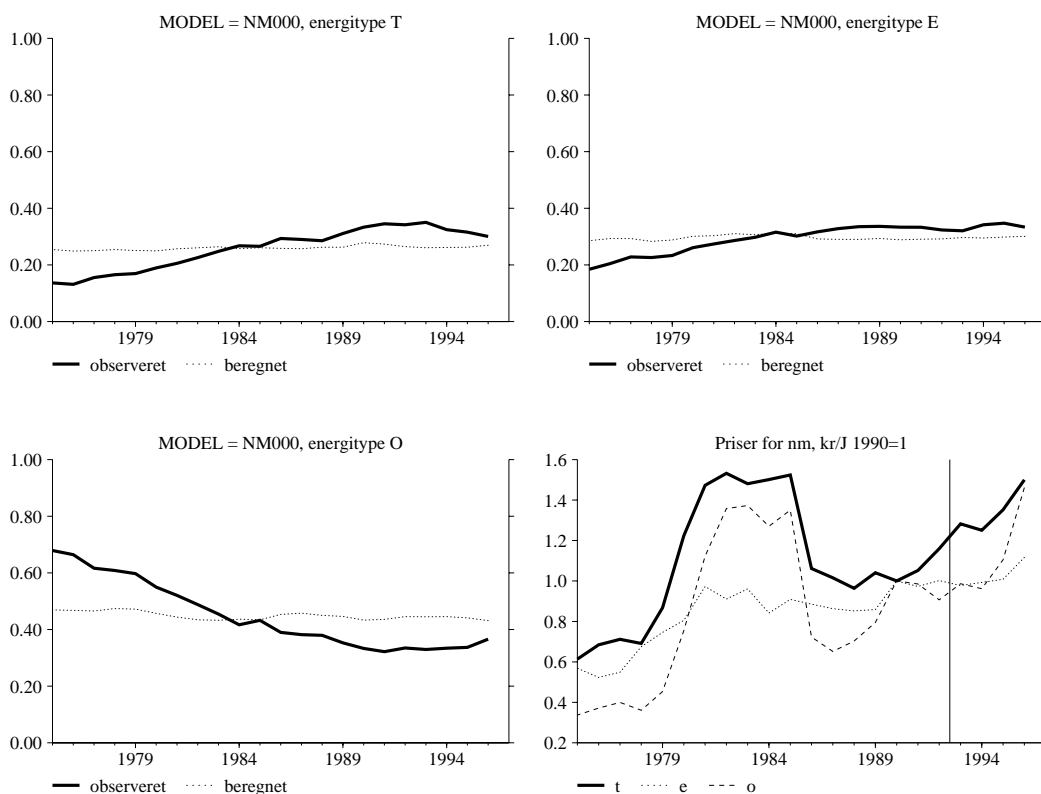
Udover en tabel over elasticiteterne er der også en tabel med de estimerede parametre med tilhørende T-værdi anbragt i parentes nedenunder for test af, om parameteren er nul, (bemærk, T-værdien for tilpasningsparametrene burde havde været et test for, om parameteren er en). En streg nedenunder et parameter-estimat angiver, at parameteren er bestemt ud fra parameterrestriktioner.

Der er estimeret over perioden 1975-1996, hvor der er data fra de nye energimatricer. Desværre er der ikke mange forskydninger i priserne i denne periode sammenlignet med estimationsperioden i den gamle model, der var 1966-1991. Dette kan betyde, at ligningerne er dårligere bestemt end tidligere.

Til sammenligning er nedenfor anbragt en tabel over de estimerede elasticiteter for *nm* erhvervet i den hidtidige EMMA, jf. afsnit 2.2.

Tabel 1 Elasticiteter for *nm* i hidtidige model

1991	<i>t</i>	<i>e</i>	<i>o</i>
<i>t</i>	-0,14	0,07	0,07
<i>e</i>	0,01	-0,09	0,08
<i>o</i>	0,02	0,19	-0,21

Modellspekifikation: ingen trend, ingen dynamik**Elasticiteter:**

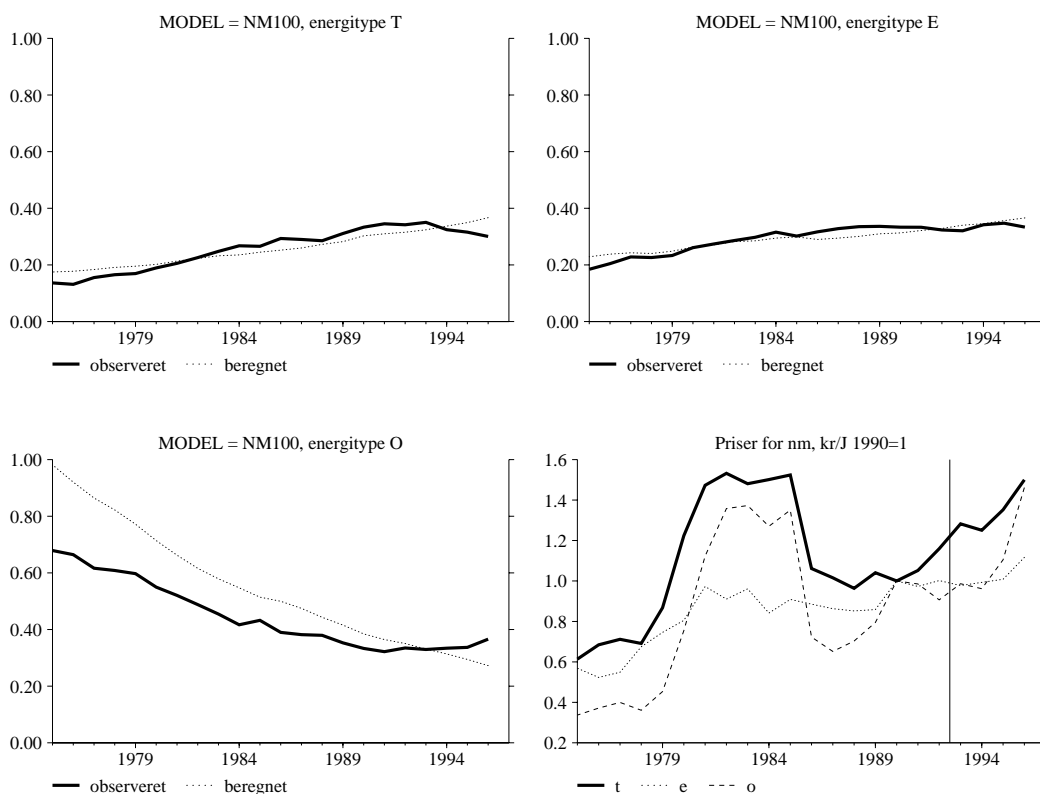
1996	t	e	o
t	-0,25	0,09	0,15
e	0,11	-0,15	0,04
o	0,10	0,02	-0,12

Parametre:

β_{11}	β_{12}	β_{13}	β_{22}	β_{23}	β_{33}
0,1373	0,0564	0,0846	0,2097	0,0225	0,3261
—	(0,572)	—	(1,964)	(0,249)	(2,192)

Her kan man spørge sig selv om, hvor elasticiteterne mon kommer fra, når ligningerne forudsiger næsten konstante andele. Bemærk, at β_{12} og β_{23} er små og insignifikante, jf. afsnit 2.3.

Modellspecifikation: lineær trend, ingen dynamik



Elasticiteter:

1996	t	e	o
t	-0,13	0,06	0,07
e	0,08	-0,11	0,03
o	0,09	0,03	-0,12

Parametre:

β_{11}	β_{12}	β_{13}	β_{22}	β_{23}	β_{33}
0,2087	0,0421	0,0517	0,2490	0,0219	0,3108
—	(0,406)	—	(2,496)	(0,287)	(2,665)

ω_{11}	ω_{12}	ω_{13}
-0,6846	-0,3322	1,0167
(-1,342)	(-1,247)	—

Det bemærkes, at der langt fra er adding-up, fx i 1975. Dette problem skyldes den kvadratiske trend. Desuden ses samme problem, som på forrige side, angående eksistensen (eller manglen på samme) af krydspriselasticiteter.

2.6. Estimationsresultater 1966-1996

I sidste afsnit blev der estimeret over perioden 1975-1996. Der blev estimeret pæne elasticiteter, men ligningernes forudsigelsesegenskaber var ringe. Prisudviklingerne for de tre energityper i den betragtede periode er meget jævn på nær et niveauskift i 1979-1986, hvilket ikke har været tilfældet med energifordelingen. Dette kan være grunden til, at det har været vanskeligt at estimere tilfredsstillende ligninger, da det er de relative priser, der skal forklare ændringerne i energifordelingen.

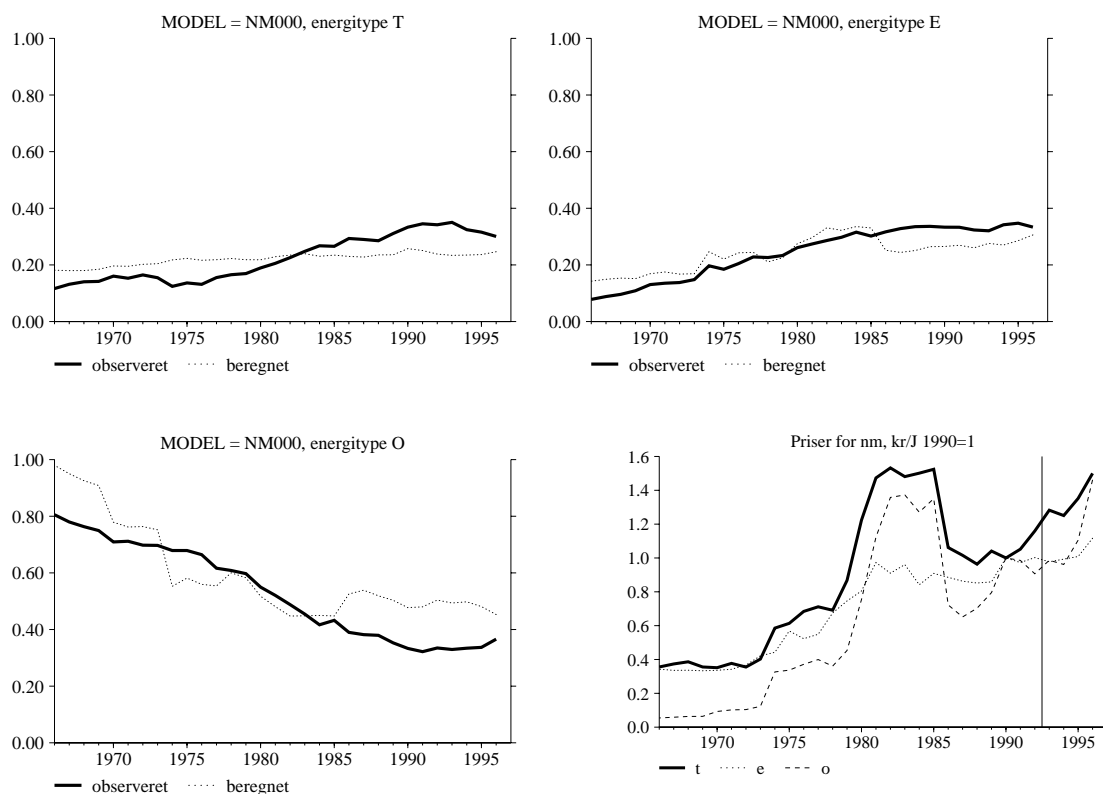
Derfor forsøges det i dette afsnit at tilbageføre data til 1966 ved hjælp af de gamle serier i EMMA og estimere samme GLO-system over hele perioden 1966-1996.

Der er kun forsøgt at estimere ligninger for *nm*-erhvervet. Der var tre modelspecifikationer, der slap gennem den objektive test, og de bliver alle præsenteret på de næste sider.

Det ses først og fremmest, at priserne udviser væsentlig flere udsving, når hele perioden 1966-1996 betragtes, og ligningerne fitter bedre i alle tre modelspecifikationer end tilfældet var med estimationerne over perioden 1975-1996.

I begge estimationsperioderne viser det sig dog, at modellen er problematisk til beskrivelse af erhvervenes energiforbrug, idet vi vanskeligt kan bestemme "kryds- β 'er", som er kernen i modellen.

Modelspecifikation: ingen trend, ingen dynamik



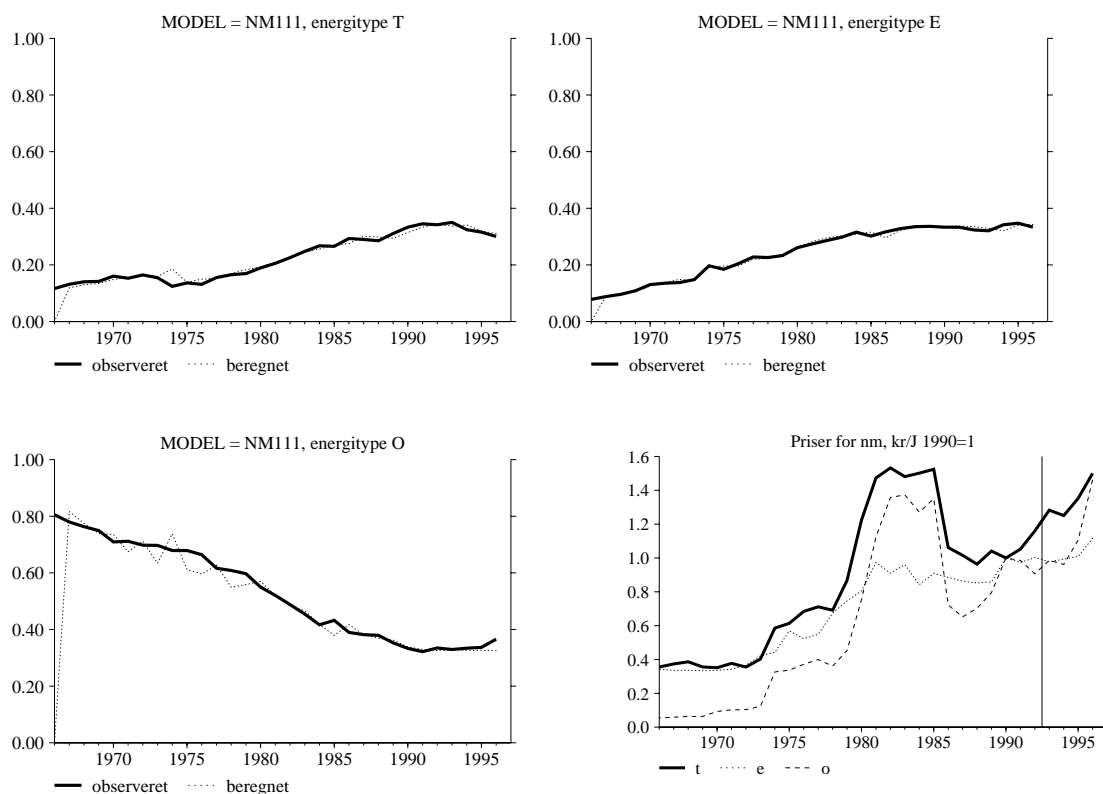
Elasticiteter

1996	t	e	o
t	-0,36	0,12	0,25
e	0,13	-0,51	0,39
o	0,14	0,20	-0,34

Parametre:

β_{11}	β_{12}	β_{13}	β_{22}	β_{23}	β_{33}
0,0667	0,0681	0,1226	-0,0091	0,2062	0,1485
—	(0,280)	—	(-0,026)	(1,728)	(0,242)

Bemærk, at β_{ij} 'erne er lidt større her end i estimationerne over perioden 1975-1996.

Modellspekifikation: kvadratisk trend, dynamik**Elasticiteter**

1996	t	e	o
t	-0,05	0,02	0,02
e	0,03	-0,15	0,13
o	0,02	0,11	-0,13

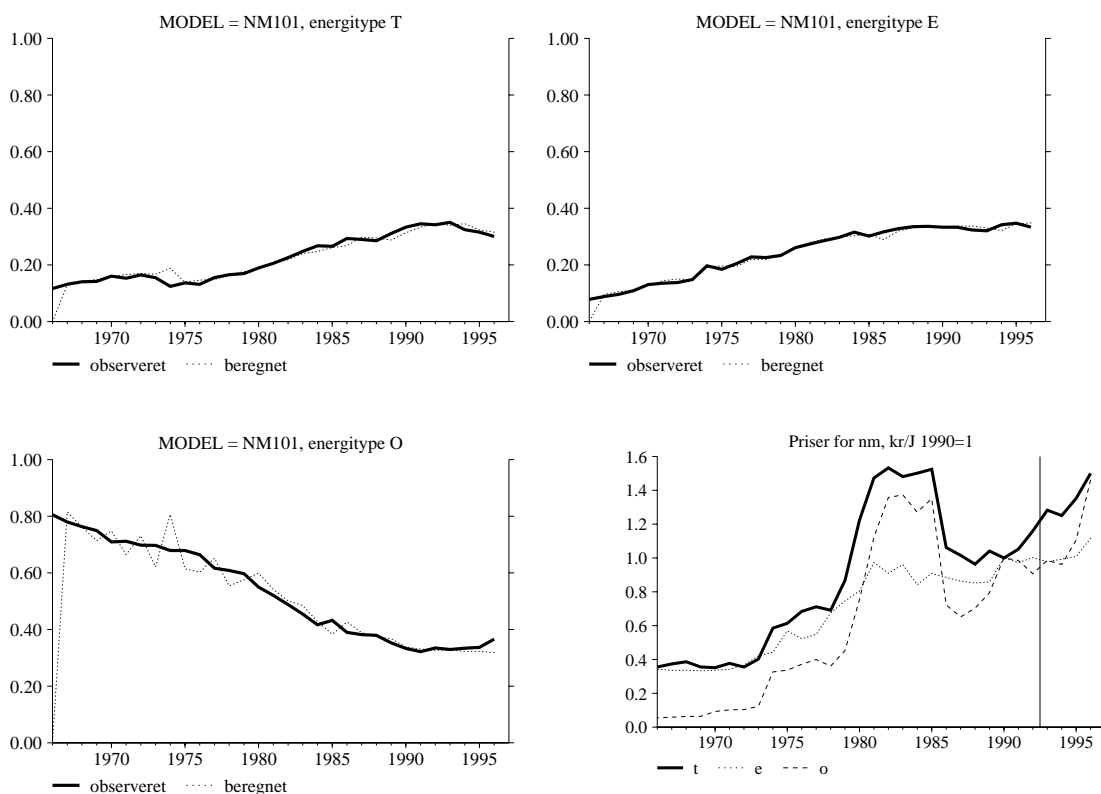
Parametre:

β_{11}	β_{12}	β_{13}	β_{22}	β_{23}	β_{33}
0,2995	0,0167	0,0153	0,2547	0,0771	0,2275
—	(0,069)	—	(0,974)	(0,401)	(0,548)

ω_{11}	ω_{12}	ω_{13}	ω_{21}	ω_{22}	ω_{23}	k_1	k_2
-1,1013	-1,0495	0,9876	0,9644	0,9728	-0,8932	0,6189	0,2018
(-0,369)	(-0,568)	—	(0,254)	(0,417)	—	(0,509)	(0,473)

Igen ses små "kryds- β 'er".

Modelspecifikation: lineær trend, dynamik



Elasticiteter

1996	t	e	o
t	-0,14	0,07	0,07
e	0,09	-0,21	0,13
o	0,08	0,13	-0,21

Parametre:

β_{11}	β_{12}	β_{13}	β_{22}	β_{23}	β_{33}
0,2313	0,0528	0,0489	0,2059	0,0874	0,1843
—	(0,125)	—	(0,629)	(0,330)	(0,253)

ω_{11}	ω_{12}	ω_{13}	k_1	k_2
-0,2598	-0,2148	0,2158	0,4525	0,1100
(-0,131)	(-0,134)	—	(0,414)	(0,245)

Også her ses små "kryds- β 'er".

3. Enkeltligningsestimationer

Efter at have forsøgt at estimere erhvervenes forbrug af de tre energityper el, e , transportbrændsel, t , og øvrig energi, o , i et GLO-system med prissubstitution mellem de tre arter over først perioden 1975-1996 og dernæst perioden 1966-1996, og hvor det viste sig meget vanskeligt at estimere ligninger med rimelige forudsigelsesegenskaber, prøves det her at estimere enkelte ligninger for hver af de tre energityper over perioden 1975-1994, hvor der er reviderede energidata.

Et sådant system til bestemmelse af de tre energityper er næsten magen til INDUS 3.¹ Vi har en $((KL)E_t E_e E_o)M$ nestningsstruktur, således at energityperne ikke antages at være separable fra KL-aggregatet, der er altså mulighed for, at fx E_e kan substituere kraftigere med KL-aggreget end E_t . Til gengæld sættes krydspriselasticiteterne mellem de tre energityper til nul. I den hidtidige EMMA (og i afsnittene ovenfor) er estimeret krydspriselasticiteter mellem de tre energityper (transportenergi er dog antaget svagt separabel fra de to andre), men der er antages ens substitution til KL-aggregatet, der er altså tale om en $((KL)(E_t E_e E_o))M$ nestningsstruktur.

Fordelen ved enkeltligningsmodellen er, at den er nem at estimere (OLS), og modellen vil være nem at bruge, da der ikke er nogen krydsrestriktioner mellem ligningerne, der skal huskes på i fremskrivninger. Men med den her skitserede løsning er EMMA ikke mere et **fordelingssystem**, hvor det samlede energiforbrug bestemt i ADAM splittes ud på energityper, der bruges derimod INDUS tilgangen, hvor **niveauet** af de forskellige energityper bestemmes i EMMA, og dermed vil energiforbruget i ADAM blive bestemt som summen af forbruget af de enkelte energityper, når ADAM køres sammen med EMMA.

3.1. Fejlkorrektionsmodel

Forbruget af energitype i , $i = t, e, o$, for erhverv j , (benævnes her kortfattet E), beskrives ved følgende fejlkorrektionssystem, hvor E og pe er henholdsvis energiforbrug og prisen derpå, (målt i TJ og mio. kr pr TJ), E^* er langsigtsenergiforbruget, fX og px er produktionsværdi og pris i erhvervet, e_E er effektivitetsindex med $t = (\text{årstal} - 1974)$.

$$\log(E^*) = -\log(e_E) + \log(fX) + \alpha \log\left(\frac{pe/e_E}{px}\right) + \beta \quad (11)$$

¹INDUS er RISØ's model for industriens energiforbrug. Modelversionen INDUS 2 er dokumenteret i Frits Møller Andersen, Niels A. Kilde, Lars Henrik Nielsen, Søren Præstegaard (1991) 'En teknisk-økonomisk prognosemodel for industriens energiforbrug samt energirelaterede CO₂- SO₂- og NO_x-emissioner'.

$$\log(e_E) = \omega_1 t + \frac{1}{2} \omega_2 t^2 \quad (12)$$

$$\text{Dlog}(E) = c \text{Dlog}(E^*) - \gamma [\log(E_{-1}) - \log(E_{-1}^*)] \quad (13)$$

hvilket kan samles til en ligning, hvor vi dog her tillader, at de forskellige eksogene har hver sin førsteårseffekt, dvs. forskellige c 'er. Dog restriktres førsteårseffekten af trenden til at være lig med tilpasningshastigheden γ af identifikationsårsager.

$$\begin{aligned} \text{Dlog}(E) = & c_1 \text{Dlog}(fX) + c_2 \alpha \text{Dlog}\left(\frac{pe}{px}\right) - \gamma(1 + \alpha) \left(\omega_1 \text{D}(t) + \frac{1}{2} \omega_2 \text{D}(t^2) \right) \\ & - \gamma \left[\log\left(\frac{E_{-1}}{fX_{-1}}\right) - \alpha \log\left(\frac{pe_{-1}}{px_{-1}}\right) + (1 + \alpha) \left(\omega_1 t_{-1} + \frac{1}{2} \omega_2 t_{-1}^2 \right) - \beta \right] \end{aligned} \quad (14)$$

Denne ligning kan estimeres ved OLS ved hjælp af nedenstående omskrivning

$$\begin{aligned} \text{Dlog}(E) = & k_1 \text{Dlog}(fX) + k_2 \text{Dlog}\left(\frac{pe}{px}\right) + k_3 \log\left(\frac{E_{-1}}{fX_{-1}}\right) + k_4 \log\left(\frac{pe_{-1}}{px_{-1}}\right) \\ & + k_5 t + k_6 t^2 + k_7 \end{aligned} \quad (15)$$

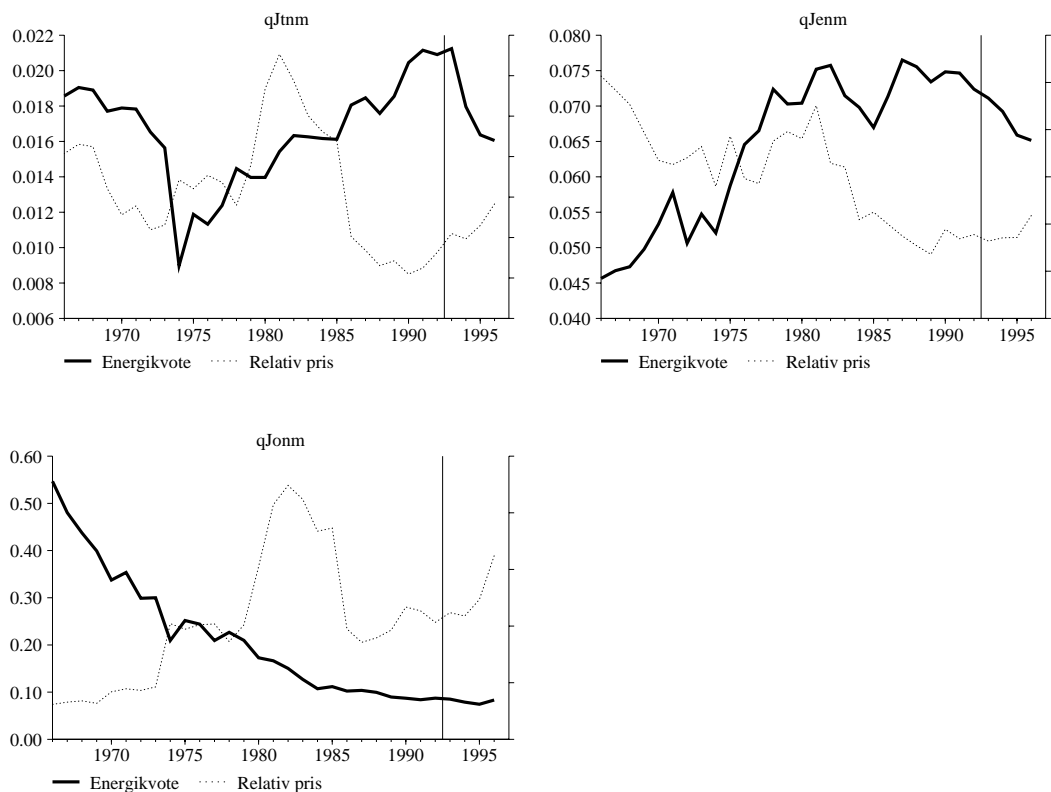
Hvor der er følgende korrespondance mellem parametrene:

$$\begin{aligned} c_1 &= k_1 \\ c_2 &= -k_2 k_3 / k_4 \\ \gamma &= -k_3 \\ \alpha &= -k_4 / k_3 \\ \omega_1 &= k_5 / (k_3 - k_4) \\ \omega_2 &= 2k_6 / (k_3 - k_4) \\ \beta &= -k_7 / k_3 \end{aligned}$$

3.2. Estimationsresultater for enkeltligningsestimation

Der præsenteres kun resultater for nm -erhvervet med estimationsperiode 1975-1996. Vi stiller følgende krav til de estimerede parametre: førsteårseffekterne, c_1 , c_2 , og tilpasningshastigheden, γ , skal være mellem nul og en, og priselasticiteten, α , skal være negativ.

For at kunne få en fornemmelse af, om energikvoten, $qJ_i nm / fXnm$, afhænger af den relative pris, $pq_j nm / pxnm$, er disse serier indtegnet i nedenstående grafer. Data er vist for hele perioden 1966-1996, selvom der i dette papir kun er estimeret over perioden 1975-1994.



De estimerede parametre i modellen (14) er angivet for de tre energityper for erhverv nm i nedenstående tabel. Der er ikke forsøgt estimeret med dummier.² For transportbrændsel har det været nødvendigt at binde priselasticiteten til nul for at få acceptable parameterestimater. For el og øvrig energi er der estimeret en lineær trend, og for transportbrændsel er der en kvadratisk trend.

Tabel 2 Estimationsresultat for nm

nm	c_1	c_2	α	γ	ω_1	ω_2	β
t	0,2364	–	0	0,7876	–0,0512	0,0024	–4,4165
e	0,4350	0,9991	–0,0659	0,5623	0,0021	0	–2,7234
o	0,7122	0,1496	–0,3300	0,3269	0,0925	0	–2,5528

Anm. Et 0 i tabellen angiver, at den pågældende parameter er bundet til 0. En – angiver, at parameteren ikke estimeres.

For at få et indtryk af, hvor godt parametrene er bestemt, vises i nedenstående tabel de estimerede parametre fra ligning (15) med tilhørende t-værdier.

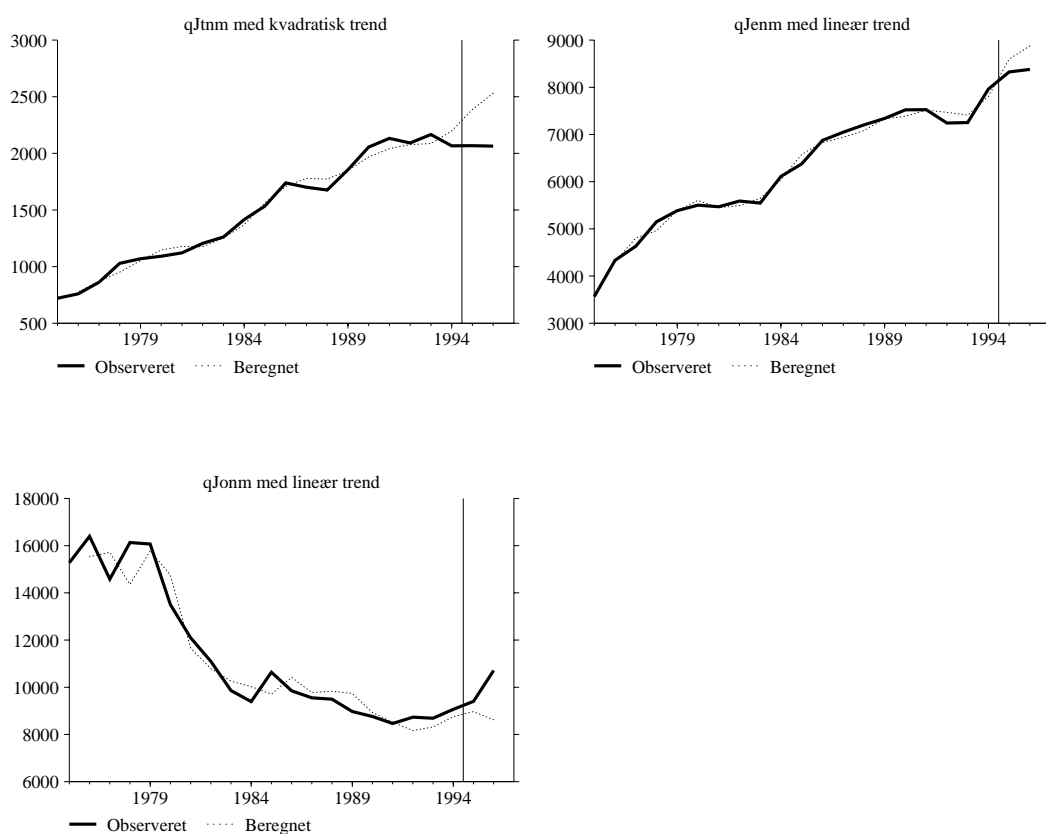
²I INDUS 3 estimationerne af de to undererhverv af nm er der heller ingen dummier i perioden 1975-1994, på nær den sædvanlige for databrud i de gamle energimatricer i 1992.

Tabel 3 De estimerede parametre (k 'erne) med tilhørende t -værdier

nm	k_1	k_2	k_3	k_4	k_5	k_6	k_7
t	0,2364 (1,071)	0 –	0,7863 (3,115)	0 –	0,0403 (2,777)	0,0009 (2,119)	–3,4786 (3,053)
e	0,4350 (3,479)	–0,0658 (0,832)	0,5623 (4,620)	–0,0371 (0,507)	–0,0011 (0,430)	0 –	–1,5313 (5,015)
o	0,7122 (2,070)	–0,0494 (0,547)	0,3270 (1,569)	–0,1079 (1,862)	–0,0203 (1,408)	0 –	–0,8347 (2,193)

Anm. Et 0 i tabellen angiver, at den pågældende parameter er bundet til 0. t -værdierne er angivet i parentes under estimatet.

Nedenfor vises grafer over de faktiske og fittede værdier for de tre valgte ligninger. Der er i alle tre tilfælde et forholdsvist godt fit, men det bemærkes, at der er brug for trendkalibrering i de foreløbige år 1995-1996, i graferne er trenden blot videreført og ikke fx bundet til vækstraten i sidste estimationsår.



4. Vejen frem

Dette papir er en sammenskrivning af tre papirer (DGR05199, DGR28199 og DGR01299). Konklusionen på dette arbejde var for det første, at GLO-systemet estimeret på perioden 1975-1996 **ikke** giver anledning til en acceptabel model (set over alle 12 erhverv). GLO-estimationerne over perioden 1966-1996 er bedre, men enkeltligningerne foretrækkes.

Transportenergiforbruget skal under alle omstændigheder estimeres med en enkeltlignings fejlkorrigeringsmodel, (over hele perioden 1966-1994), og det forsøges at estimere et to-faktor system med prissubstitution for el og øvrig energi, idet prissubstitution mellem disse to energityper er mere sandsynlig end substitution mellem disse to og transportenergi især på kort sigt.

Estimationen af erhvervenes efterspørgsel efter transportenergi med enkeltligninger forefindes i arbejdspapiret dgr18399. Undersøgelse af substitution mellem el og øvrig energi i de enkelte erhverv findes i arbejdspapiret skp16799, hvor de endelige ligninger for erhvervenes efterspørgsel efter el og øvrig energi er estimeret. I begge papirer er anvendt data for hele perioden 1966-1994.