

EMMA10

Energi- og miljømodeller til ADAM

Udarbejdet af:

Frits Møller Andersen, Lise-Lotte Pade Hansen, Risø DTU

Anne Lund Bender, Cecilie Olsen, Christine Marie V. Larsen, Energistyrelsen

Thomas Thomsen, T-T analyse

Indholdsfortegnelse

1. Indledning.....	5
2. Erhvervenes energiforbrug	8
3. Husholdningernes energiforbrug.....	37
4. Transportenergi	50
5. Priser, afgifter, CO ₂ -kvoter og energibesparelser i EMMA.....	64
6. Kobling fra EMMA til ADAM	70
7. Elasticiteter, multiplikatorer mv. i EMMA	79
Bilag 1. Oversigt over erhverv i ny og gammel EMMA-version.....	81
Bilag 2. Detaljerede estimationsresultater for erhvervenes forbrug af el og øvrig energi	84
Bilag 3. Implementering af CO ₂ -kvoter mht. el- og fjernvarmepriser	106
Bilag 4. Ligninger	107
Bilag 5. Kør EMMA-modellen	110
Bilag 6. Kommandoer i Gekko	112
Bilag 7. Kommenteret kørselsfil	116

Udvidet indholdsfortegnelse

1. Indledning.....	5
1.1 Læsevejledning mm.	7
2. Erhvervenes energiforbrug	8
2.1 Brancheopdeling.....	8
2.1.1 Landbrug (<i>af, ag, al</i>)	11
2.1.2 Fremstillingsvirksomheder (<i>nf, nm, nk, nq, ce, st, gl</i>).....	11
2.1.3 Byggeri og anlægsvirksomhed (<i>b</i>)	12
2.1.4 Privat service (<i>qh, qk, qo, qq</i>).....	12
2.1.5 Transport brancher (<i>qs, ql, qv, qj</i>)	13
2.1.6 Offentlige tjenester (<i>o</i>)	14
2.2 Specifikation af relationer for erhvervenes energiforbrug	14
2.3 Nestningsstrukturen i EMMA´s erhverv	18
2.3.1 Mere konkret om ligningerne for el og øvrig energi.....	20
2.3.2 Underopdeling af øvrig energi i erhvervene	24
2.4 Estimationsresultater for substitution mellem el og øvrig energi	28
2.4.1 Oversigt over erhvervenes energiforbrug.....	28
2.4.2 Estimationer af de enkelte erhverv	31
2.5 Analyse af struktur-effekter	32
2.5.1 Beregning af struktur-effekter i EMMA brancher	32
2.5.2 Fremskrivning af struktur-effekter og trende	36
3. Husholdningernes energiforbrug.....	37
3.1 Udviklingen i husholdningernes energiforbrug.....	37
3.2 Energiforbrug til opvarmning.....	40
3.3 Husholdningernes el-forbrug.....	41
3.3.1 Apparatmodel	41
3.3.2 Modelligninger for opvarmning og apparatmodellen	44
3.3.3 Husstandsmodel	46
4. Transportenergi	50
4.1 Introduktion	50
4.2 Persontransport.....	51
Modelstruktur for persontransport	51
Transportbehovet.....	51
Substitution mellem privat og kollektiv transport.....	52
Belægningsgraden	54
Energieffektiviteten	55
Simulering af den samlede persontransportmodel	56
4.3 Godstransport	59
4.3.1 Vejtransport.....	59
4.4 Modelligninger for transport	61
5. Priser, afgifter, CO ₂ -kvoter og energibesparelser i EMMA.....	64
5.1 Energipriser og afgiftssatser.....	64
5.2 CO ₂ -kvoter	66
5.3 Energibesparelser	67
6. Kobling fra EMMA til ADAM	70
7. Elasticiteter, multiplikatorer mv. i EMMA	79
Bilag 1. Oversigt over erhverv i ny og gammel EMMA-version.....	81

Bilag 2. Detaljerede estimationsresultater for erhvervenes forbrug af el og øvrig energi	84
2.1 Landbrug (<i>al</i>).....	84
2.2 Byggeri (<i>b</i>)	86
2.3 Jern- og metal (<i>nm</i>)	88
2.4 Kemisk industri (<i>nk</i>).....	90
2.5 Anden fremstilling (<i>nq</i>).....	92
2.6 Fødevarerindustri (<i>nf</i>).....	94
2.7 Handelserhverv (<i>qh</i>).....	96
2.8 Anden service (<i>qq</i>)	98
2.9 Kontorer mv. (<i>qk</i>).....	100
2.10 Hoteller mv. (<i>qo</i>).....	102
2.11 Offentlig sektor (<i>o</i>).....	104
Bilag 3. Implementering af CO ₂ -kvoter mht. el- og fjernvarmepriser	106
Bilag 4. Ligninger	107
Bilag 5. Kør EMMA-modellen	110
Bilag 6. Kommandoer i Gekko	112
Bilag 7. Kommenteret kørselsfil	116

1. Indledning

EMMA (Energi- og MiljøModeller til ADAM) beskriver på aggregeret niveau sammenhænge mellem økonomi, energi og miljø. Den første version af EMMA blev udviklet for over 10 år siden, og modellen er siden blevet anvendt til adskillige analyser og fremskrivninger. Desuden er modellen løbende blevet opdateret, revideret og videreudviklet i forskellige retninger.

Generelt kan EMMA beskrives som en satellitmodel til ADAM, hvor ADAM beskriver udviklingen i aggregerede makroøkonomiske variabler, og EMMA beskriver udviklingen i energiforbrug og relaterede emissioner. På meget overordnet niveau beskriver Figur 1 strukturen i EMMA. Som udgangspunkt modelleres anvendelsen af energi i 3 grupper relateret til hhv. erhverv, husholdninger og transport. For erhvervene opdeles energiforbruget på et antal brancher, og forbruget relateres til produktionen og energipriserne. For husholdningerne beskrives energiforbruget ud fra behovet for varme og el til drift af apparater. Endelig beskrives energiforbruget til transport opdelt på gods- og person-transport, hvor godstransporten relateres til produktionen og tons der skal transporteres, og persontransporten relateres til behovet for transport mellem hjem og arbejde samt et transportbehov i fritiden.

Ses på typer af energi bestemmes forbruget af energi fordelt på 7 typer af energi: fast, flydende, gas, el, fjernvarme, bioenergi og transportenergi. Transportenergiforbruget bestemmes som uafhængig af det øvrige energiforbrug. Transportenergien tilfredsstiller et behov for transport og historisk har der ikke været de store muligheder for at substituere mellem transportenergi og andre energityper. For det øvrige energiforbrug modelleres substitutionsmulighederne mellem energityperne. I første step modelleres substitution mellem el og øvrig energi. Derefter fordeles øvrig energi på de nævnte 5 typer af energi. Dette gøres enten ved konstante andele eller ved nestede CES-relationer, der beskriver substitutionen mellem de 5 typer af energi.

Slutlig beregnes de energirelaterede emissioner i EMMA.

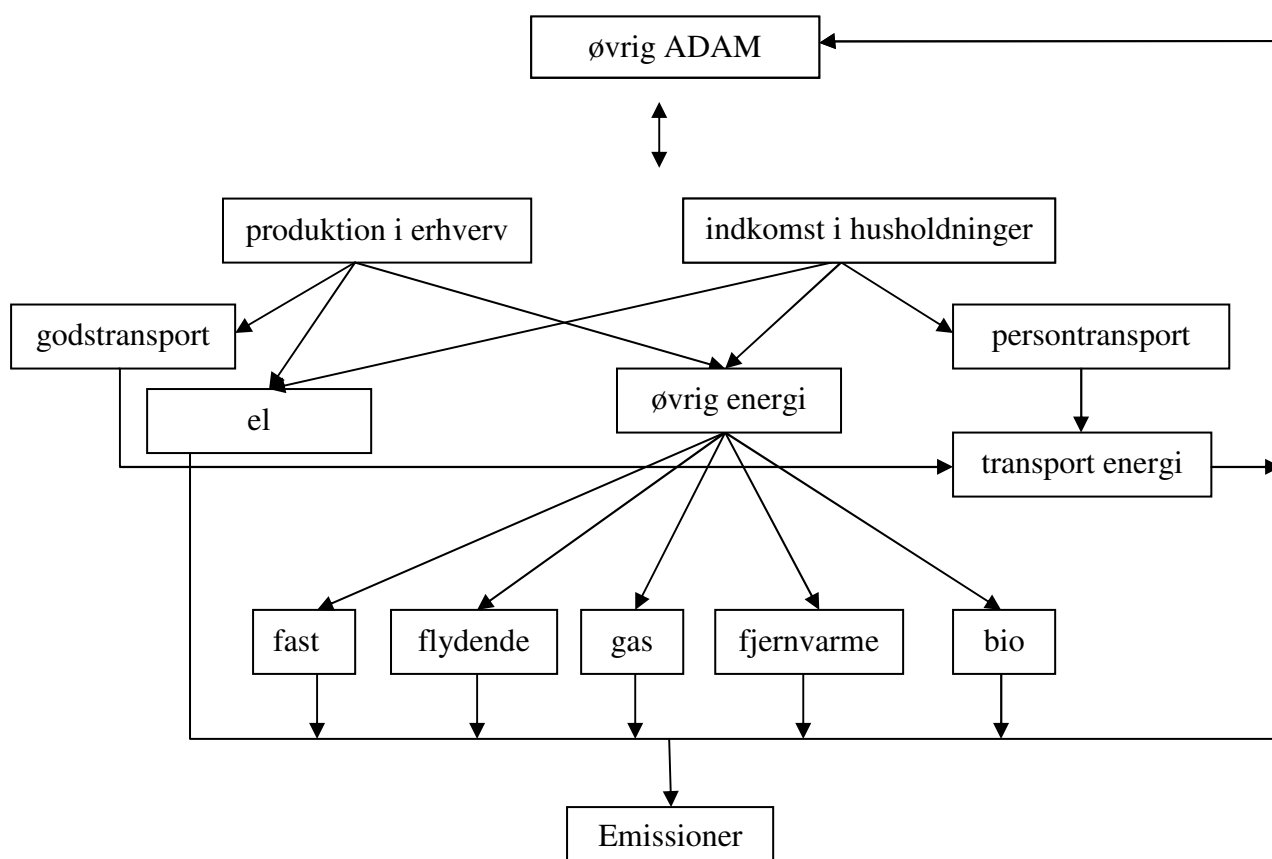
Anvendes EMMA som satellitmodel hentes en økonomisk fremskrivning fra ADAM og energiforbrugene beregnes i EMMA. Disse energiforbrug er ikke nødvendigvis konsistente med de energiforbrug der forudsættes i den økonomiske fremskrivning. For at skabe konsistens mellem den økonomiske og energimæssige fremskrivning kan modellerne køres sammen eller der kan itereres mellem de 2 modeller. Dette er specielt relevant hvis der analyseres væsentlige ændringer i energiforbrugene. Ved mindre ændringer er konsistensproblemet begrænset, og i visse sammenhænge er det ønskeligt at anvende en given officiel økonomisk fremskrivning som ikke ændres, og derfor at anvende EMMA som en ren satellitmodel.

EMMA er primært blevet anvendt af Energistyrelsen og Energinet.dk til hhv. generelle energiforbrugs- og el-forbrugsfremskrivninger. I disse anvendelser simuleres EMMA typisk som satellitmodel til ADAM, og der fokuseres på energiforbrugsdelen. Oftest baseres en EMMA-fremskrivning på en finansministeriel ADAM-fremskrivning og energiforbrugene sendes videre til en forsyningsmodel. Energiforsyningsmodellen i EMMA, tilbagekoblingen fra EMMA til den makroøkonomiske udvikling (beskrevet i ADAM) samt emissionsmodellerne i EMMA har anvendelsesmæssigt ikke haft den store fokus. Forsynings-

modellen i EMMA er meget aggregeret og giver i mange sammenhænge ikke et tilstrækkeligt detaljeret billede af energiforsyningssektoren, sammenlignet med mere dedikerede modeller som f.eks. Balmorel eller RAMSES. Forsyningsmodellen er imidlertid væsentlig som bindeled mellem detaljerede forsyningsmodeller og makroøkonomiske effekter af en ændret forsyning.

Nærværende rapport og arbejde er koncentreret om energiforbrugsdelen af EMMA og at udvikle en model, der kan spille sammen med en ADAM-model i kædede prisindeks, og som i forhold til ADAM har sine egne – og mere energirelevante – erhvervsdefinitioner. Desuden er der udviklet en ny model til bestemmelse af transport-energiforbruget, og denne gennemgås i kapitel 4. For en nærmere beskrivelse af forsynings- og emissionsdelene af EMMA henvises til tidligere modelrapporter, Andersen, F.M. et. al. (1997 og 2001).

Figur 1. Oversigts-diagram over ADAM-EMMA.



1.1 Læsevejledning mm.

Den overordnede struktur i nærværende dokumentation er, at forbruget af energi i erhverv, husholdninger og til transport beskrives i kapitlerne 2, 3 og 4. I kapitel 5 gennemgås koblingen fra EMMA til ADAM og i kapitel 6 vises enkelte eksempler på multiplikatoranalyser og kørsler med modelsystemet.

Kapitel 2 om erhvervenes energiforbrug starter med en gennemgang af den valgte brancheopdeling i afsnit 2.1, og en teoretisk gennemgang af de opstillede ligninger og nestningsstruktur for underopdeling af energiforbruget på energityper i afsnit 2.2 og 2.3. Afsnit 2.4 gennemgår de estimerede ligninger, og i afsnit 2.5 analyseres betydningen af strukturændringer for trenden i energiforbruget. Endelig gennemgås prisligninger og CO₂-kvoteprisen i afsnit 2.6.

Kapitel 3 omhandler husholdningernes energiforbrug. I afsnit 3.1 beskrives udviklingen i husholdningernes energiforbrug. Afsnit 3.2 og 3.3 omhandler opvarmning af boliger og el til drift af husholdningsapparater. Der opstilles de to modeller for husholdningernes el-forbrug – apparat- og husstandsmodellen der beskrives i hhv. afsnit 3.3.1 og 3.3.2.

Kapitel 4 gennemgår modellen for transport-energiforbruget hvor forbruget til hhv. person- og godstransport bestemmes.

Koblingen mellem ADAM og EMMA gennemgås i kapitel 5 og endelig indeholder kapitel 6 enkelte multiplikatoranalyser med modelsystemet.

2. Erhvervenes energiforbrug

Erhvervenes energiforbrug og sammensætningen af forbruget på typer af energi påvirkes af mange forskellige forhold. De væsentligste forhold er, hvor meget der produceres af hvilke produkter, hvilken teknologi der anvendes og selvfølgelig priser på energityperne. I EMMA beskrives erhvervenes energiforbrug i 22 brancher (heraf tre energiforsyningserhverv), som er en aggregering af nationalregnskabet's 130 erhverv. Ved aggregeringen er det i denne EMMA-version forsøgt at definere et antal energimæssigt homogene brancher. Kriterierne for aggregeringen, de valgte brancher samt sammenhænge mellem ADAM og EMMA brancher beskrives i afsnit 2.1. Den generelle specifikation af relationerne for erhvervenes energiforbrug og fordelingen på typer af energi beskrives i afsnit 2.2 og 2.3. Estimationsresultater for substitutionen mellem el og øvrig energi findes i afsnit 2.4 og betydningen af strukturændringer gennemgås i afsnit 2.5. Endelig beskrives priser og CO₂-kvoter og kvoteprisen i afsnit 2.6.

2.1 Brancheopdeling

Brancher i EMMA er en aggregering af nationalregnskabet's 130 erhverv, hvor det er søgt at definere et antal energimæssigt homogene brancher. Udgangspunktet er således energiforbrugene i de enkelte nationalregnskabserhverv, hvor det er søgt at aggregere hhv. energiintensive og mindre energiintensive erhverv inden for samme overordnede erhvervsgruppering. Hvis energikoefficienter og sammensætning af forbruget på typer af energi i nationalregnskabserhverv er ens (energimæssigt homogene erhverv), eller hvis produktionsandele for nationalregnskabserhverv inden for samme branche er konstante, giver en aggregeret (gennemsnitlig) modellering kvalitativt samme egenskaber som en detaljeret modellering. Men hvis energikoefficienter er meget forskellige og produktionsandele ændres, vil en disaggregeret modellering potentielt give en bedre beskrivelse af udviklingen.

De overordnede kriterier for definition af EMMA brancher er således:

- Energiintensiteten i underliggende nationalregnskabserhverv.
- Sammensætningen på energityper.
- Udviklingen i produktionsandele.

Den valgte brancheopdeling og aggregeringskode fra nationalregnskabsbrancher er vist i tabel 2.1, mens tabel 2.2 for de valgte brancher viser energikoefficienter for el, naturgas og anden energi samt udviklingen i produktionsandele.

Tabel 2.1 Brancheaggregeringer i ny EMMA

Erhverv	Beskrivelse	NR numre (på 56 niveau)	NR 130 brancher
<i>af</i>	Fiskeri	5000	5
<i>ag</i>	Gartneri	1129	2
<i>al</i>	Landbrug, skovbrug mv.	01109, 01400, 02000, 14009	1, 3, 4, 7
<i>e</i>	Energiudvinding	11000	6
<i>ng</i>	Mineralolieindustri / olieraffinaderier	23000	27
<i>ne</i>	Energi- og fjernvarmeforsyning	40009	63-66
<i>nf</i>	Nærings- og nydelsesmiddel	15009	8-18
<i>nm</i>	Maskin- og transportmiddelindustri	del af 27009, 29000, 30009, 35009	43-59
<i>st</i>	Jern- og stålværker	del af 27009	42
<i>nk</i>	Kemisk industri	24000, 25000	28-38
<i>nq</i>	Anden fremstilling	17009, 20000, 21009, del af 26000, 36000	19-26, 41, 60-61
<i>ce</i>	Fremstilling af cement, mursten mv.	del af 26000	40
<i>gl</i>	Glas- og keramik industri	del af 26000	39
<i>b</i>	Byggeri og anlæg	45000	67-70
<i>qh</i>	Handel	50000, 51000, 52109, 52299, 52300, 52419, 52449	62, 71-79
<i>qk</i>	Kontorer, herunder finansiel sektor	65000, 66000, 67000, 72000	91-96, 100-101
<i>qo</i>	Hotel, herunder forlystelser	55000, 92000	80-81, 127
<i>qq</i>	Øvrige tjenesteydende erhverv	70000, 71000, 73000, 74000, 90000, 91000, 93009	97-99, 102, 104-109, 117, 120, 123-126, 129-130
<i>ql</i>	Lufttransport	62000	87
<i>qs</i>	Søtransport	61000	86
<i>qv</i>	Landtransport, herunder vognmænd og jernbanetransport	60000, 63000, 64000	82-85, 88-90
<i>o</i>	Offentlige tjenester	75000, 80000, 85319, 85329, 85109	103, 110-116, 118-119, 121-122,128

Anm.: Jernbaner *qj* er udeladt

Tabel 2.2 Udviklingen i energikoefficienter og produktionsandele for EMMA brancher

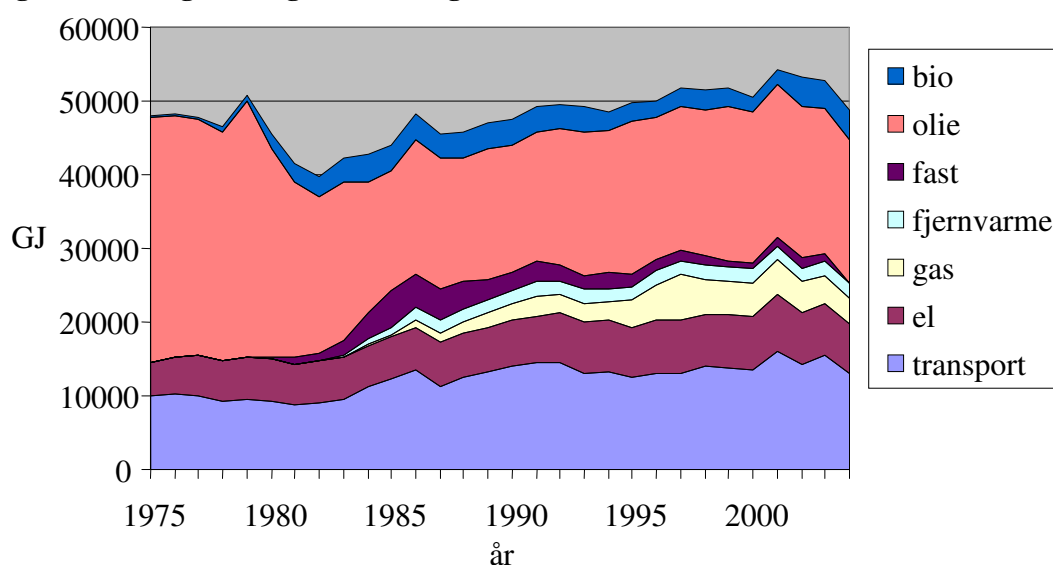
	Andel af			Elkoefficient			Naturgaskoefficient			Anden energi			Produktionsandel		
	El	Gas	Andet	TJ/mio. kr.			TJ/mio. kr.			TJ/mio. kr.			1990	2000	2003
				1990	2000	2003	1990	2000	2003	1990	2000	2003			
<i>af</i>	0,03	0,00	0,19	0,03	0,04	0,05	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	0,06	0,05
<i>ag</i>	0,12	0,44	0,09	0,15	0,16	0,18	0,18	0,20	0,21	0,21	0,21	0,21	0,08	0,06	0,05
<i>al</i>	0,85	0,56	0,72	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,85	0,87	0,90
Landbrug i alt	1,00	1,00	1,00	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	1,00	1,00	1,00
<i>e</i>	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,38	0,39
<i>ng</i>	0,31	0,00	0,55	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,30	0,20	0,18
<i>ne</i>	0,69	1,00	0,45	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,49	0,42	0,43
Energi i alt	1,00	1,00	1,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	1,00	1,00	1,00
<i>nf</i>	0,25	0,34	0,24	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,27	0,24	0,25
<i>nm</i>	0,24	0,15	0,15	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,33	0,37	0,38
<i>nk</i>	0,21	0,18	0,08	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,14	0,15
<i>nq</i>	0,23	0,22	0,25	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,06	0,27	0,23	0,21
<i>st</i>	0,00	0,03	0,00	0,68	0,61	0,70	0,90	0,84	0,77	0,81	0,87	0,81	0,01	0,00	0,00
<i>ce</i>	0,04	0,04	0,27	0,45	0,50	0,56	0,63	0,59	0,56	0,49	0,51	0,55	0,00	0,01	0,00
<i>gl</i>	0,02	0,04	0,00	0,18	0,19	0,16	0,20	0,19	0,19	0,15	0,14	0,12	0,01	0,01	0,01
Fremstilling i alt	1,00	1,00	1,00	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	1,00	1,00	1,00
<i>b</i>	1,00	1,00	1,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	1,00	1,00	1,00
<i>qh</i>	0,57	0,42	0,53	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,30	0,32	0,31
<i>qk</i>	0,06	0,08	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,14	0,17	0,19
<i>qo</i>	0,14	0,20	0,12	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,09	0,08	0,08
<i>qq</i>	0,23	0,31	0,29	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,47	0,43	0,42
Privat service i alt	1,00	1,00	1,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	1,00	1,00	1,00
<i>ql</i>	0,02	0,05	0,30	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,10	0,07	0,06
<i>qs</i>	0,01	0,01	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24	0,38	0,39
<i>qv</i>	0,96	0,94	0,52	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,66	0,55	0,56
Transport i alt	1,00	1,00	1,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	1,00	1,00	1,00
<i>o</i>	1,00	1,00	1,00	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	1,00	1,00	1,00

 Anm.: Jernbaner *qj* er udeladt

2.1.1 Landbrug (*af, ag, al*)

Som det fremgår af tabel 2.2 og figur 2.1, er landbruget et relativt energiintensivt erhverv, der i EMMA er underopdelt på 3 meget forskellige brancher, som bruger energi i meget forskellige anvendelser. Langt den største af underbrancherne er landbrug mv. (*al*-branchen), der har et betydeligt energiforbrug både til opvarmning, drift af maskiner (el) og transport i forbindelse med markarbejde. Gartnerierne (*ag*-branchen) er den mest energiintensive af underbranch-erne og anvender betydelige mængder til opvarmning af væksthuse samt el til belysning og styring. Fiskeri (*af*) anvender næsten udelukkende transportbrændsel.

Figur 2.1 Energiforbruget i landbruget

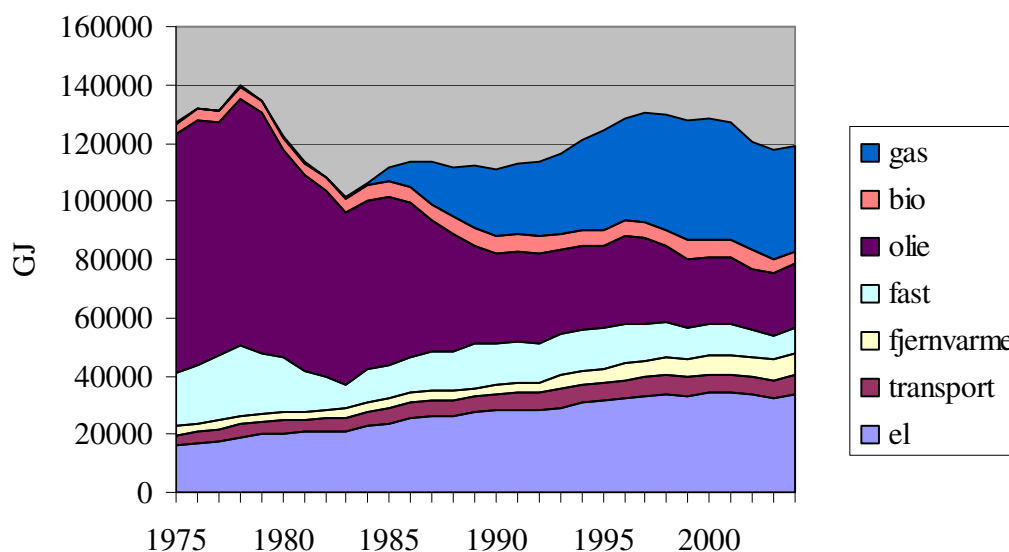


Kendetegnende for erhvervet er, at både produktion og energiforbrug er meget vejrafhængigt, og (som det fremgår af figur 2.1) at energiforbruget derfor varierer betydeligt fra år til år. Af figur 1 fremgår desuden, at der siden midten af 1980'erne er sket en substitution fra olie til gas og fjernvarme, primært i gartnerierne, og at der er en lang tradition for at anvende biobrændsler primært inden for landbruget. Endelig skal det bemærkes, at mens el-koefficienten for erhvervet de seneste år som helhed har været forholdsvis konstant, har el-koefficienten været stigende for gartnerierne (mere styring og belysning).

2.1.2 Fremstillingsvirksomheder (*nf, nm, nk, nq, ce, st, gl*)

Generelt er dansk industri/fremstillingsvirksomhed ikke specielt energiintensiv, men der er dog enkelte energiintensive virksomheder. Som det fremgår af tabel 2.2, er det i EMMA valgt at opdele fremstillingsvirksomhed i fire store ikke specielt energiintensive brancher samt 3 små relativt energiintensive brancher. Når det er valgt at behandle de 3 små energiintensive brancher særskilt skyldes det for stål- (*st*) og glasindustrien (*gl*) den historiske udvikling i energiforbruget og for cementindustrien (*ce*), at denne branche er den mest energiintensive branche i Danmark. Underbranchen *st* indeholder Stålvalseværket, der historisk har haft et ganske betydeligt el-forbrug, men som i 2002 reducerede produktionen betydeligt. Underbranchen *gl* har historisk indeholdt en betydelig planglas produktion, der blev afviklet i perioden 1978-1983 og som forklarer en væsentlig del af fremstillingserhvervenes faldende energiforbrug i denne periode (jf. figur 2.2).

Figur 2.2 Energiforbruget i fremstillingsvirksomheder

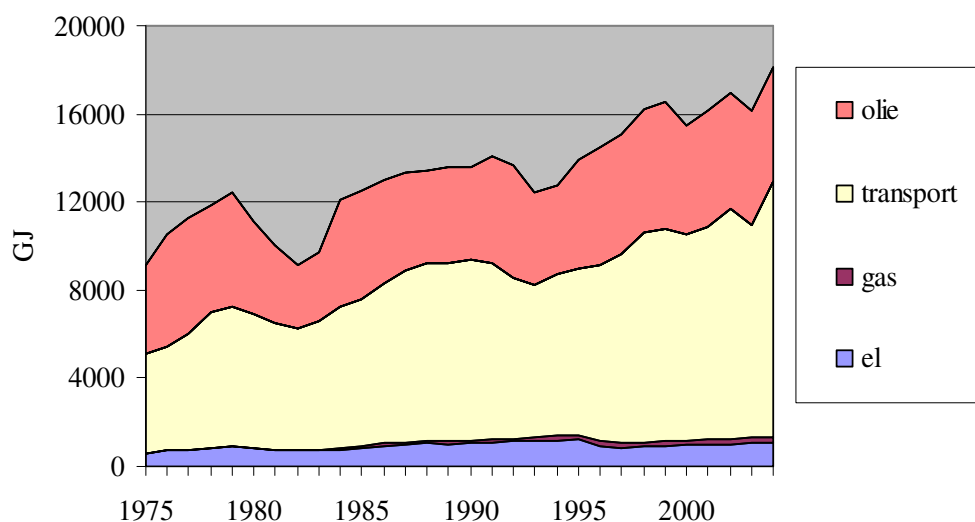


Af figur 2 fremgår det desuden, at der i perioden er sket en betydelig substitution fra olie til gas. Denne substitution er primært sket i brancherne *nf* (fødevarerindustri), *nk* (kemisk industri) og *gl* (glasindustri).

2.1.3 Byggeri og anlægsvirksomhed (b)

Byggeri- og anlægsvirksomheder er ikke specielt energiforbrugende, og som det fremgår af figur 2.3 anvender branchen primært energi til transport og olie til opvarmning. Generelt følger energiforbruget udviklingen i produktionen, og i de seneste år har energikoefficienterne været forholdsvis konstante.

Figur 2.3 Energiforbruget i byggeri og anlægsvirksomhed

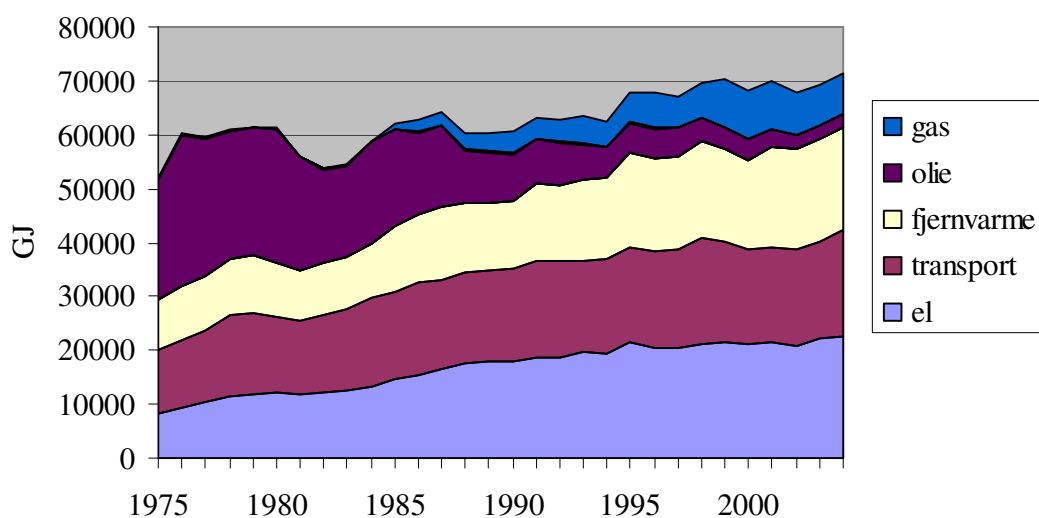


2.1.4 Privat service (qh, qk, qo, qq)

Generelt er servicebrancherne ikke specielt energiintensive. I EMMA er det valgt at opdele privat service i 4 brancher: 2 relativt energiintensive brancher *qh* (handel) og *qo* (hoteller) samt 2 mindre energiintensive brancher *qk* (kontorer) og *qq* (andre tjenester). Totalt set har

energiforbruget været svagt stigende og energikoefficienterne svagt faldende de seneste år. Som det ses af figur 2.4, er energiforbruget stort set ligeligt fordelt på el, transport og opvarmning, og for opvarmningen er der sket en substitution fra olie til fjernvarme og gas, således at forbruget af olie i dag er minimalt. Forbruget af gas er dog ikke specielt stort. Både el og transportforbruget er historisk set steget ganske pænt, men i de seneste år har stigningen dog været begrænset.

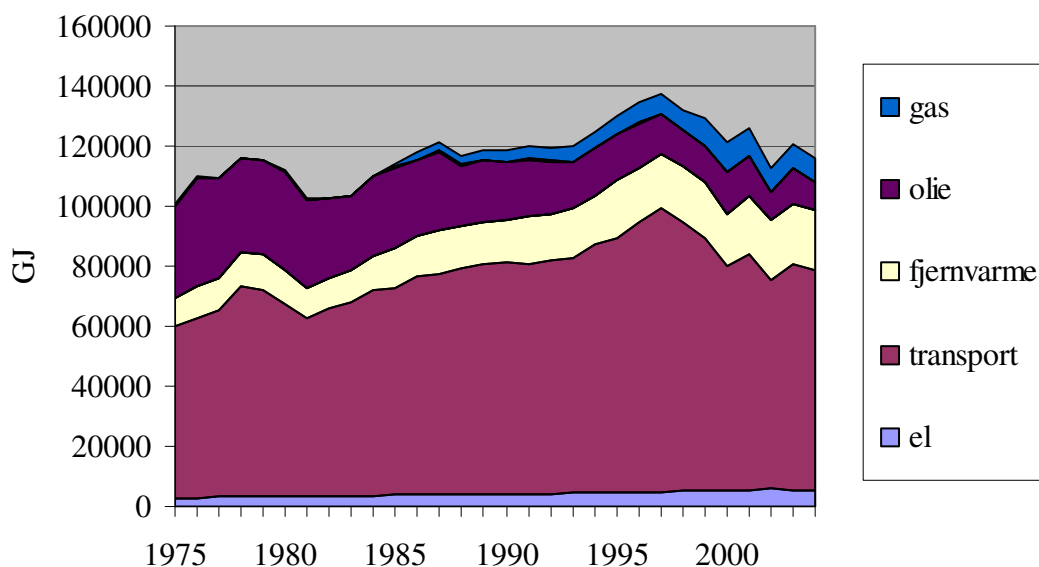
Figur 2.4 Energiforbruget i privat service



2.1.5 Transport brancher (qs , ql , qv , qj)

I EMMA er transporterhvervene opdelt i ql (lufttransport), qs (søtransport), qv (landtransport) og qj (jernbaner), hvor landtransport mv. produktionsmæssigt er langt den største og lufttransport langt den mest energiintensive branche. De seneste års faldende energiforbrug skyldes primært faldende forbrug og produktion inden for lufttransport. Angående elforbruget skal nævnes, at dette inkluderer forbruget til el-drift af tog og metro, der i modellen fremskrives eksogent.

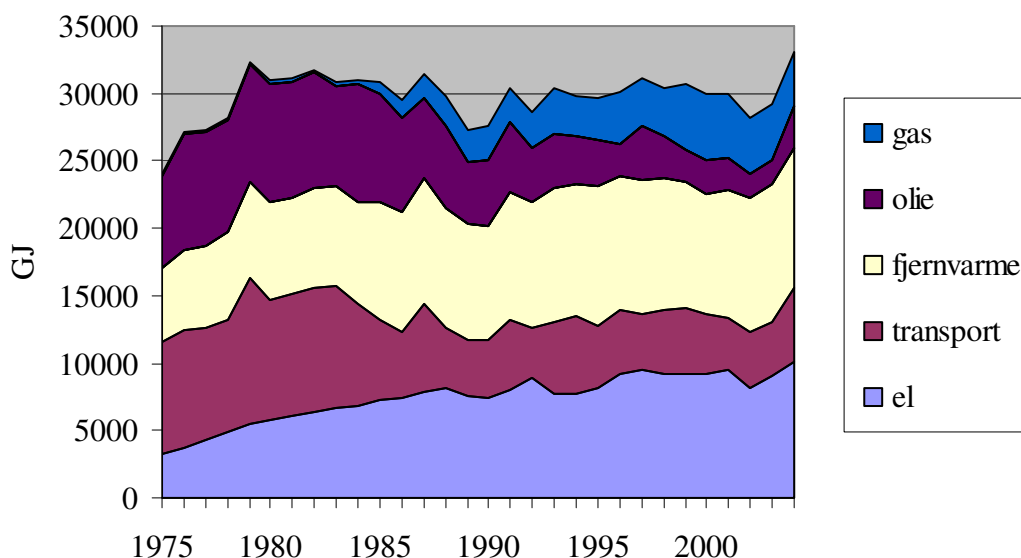
Figur 2.5 Energiforbruget i transportbrancher



2.1.6 Offentlige tjenester (o)

Den offentlige sektor er ikke specielt energiforbrugende, og i EMMA er det valgt ikke at underopdele branchen. Generelt har det totale energiforbrug været relativt konstant, hvilket dog dækker over et faldende forbrug af transportbrændsler (primært i forsvar, politi og retsvæsen) og et stigende el-forbrug (generelt træk i de fleste underbrancher). De seneste år ser udviklingsmæssigt noget specielle ud, el-forbruget var stort set konstant i perioden 1997-2001, faldt i 2002 og steg i 2003 og 2004. Tilsvarende er der for forsåret mv. en reduktion i transportenergiforbruget afløst af en betydelig stigning i 2003 og 2004.

Figur 2.6 Energiforbruget i offentlige tjenester



2.2 Specifikation af relationer for erhvervenes energiforbrug

Erhvervenes energiforbrug modelleres opdelt på de 22 brancher defineret i afsnit 2.1, og energiforbruget opdeles på de 7 energityper: fast, flydende, gas, el, fjernvarme, bioenergi og transportenergi.

For de store ikke energi-intensive brancher modelleres efterspørgslen efter energiservices som afhængig af produktionen og priser på energi, men for de små specielle brancher: af, ag, st, ce, gl, qs og ql er der i nærværende version af EMMA valgt en summarisk modellering af energiforbrugene som afhængig af produktionen og en effektivitetsudvikling. Energi-brancherne: e, ng og ne er i nærværende version eksogen.

Udgangspunktet for modelleringen af energiforbruget i de generelle brancher er, at det der efterspørges er energitjenester, og at denne efterspørgsel afhænger af produktionen samt den reale pris på energi, dvs.

$$E^{tjen*} = f(X, P_E^{tj} / P_X) \quad \text{eq. (2.1)}$$

hvor E^{tjen*} er den ønskede efterspørgsel efter energitjenester, X er branchens produktion, og P_E^{tjen} er prisen på energitjenester og P_X er prisen på branchens output.

For at komme fra energitjenester til faktisk energiforbrug og –priser introduceres et effektivitetsindeks og eq. (1) formuleres som:

$$E^* = f\left(X/e, \frac{P_E/e}{P_X}\right) \quad \text{eq. (2.2)}$$

hvor e er energieffektiviteten.

Fortolkningsmæssigt kan effektivitetsindekset i sin rene form illustreres ved følgende eksempel: Hvis et anlæg bruger kogende vand, og forestille man sig at det bruger 10 liter olie til at bringe 1 m³ vand til kogepunktet. Hvis olieprisen er 10 kr. pr. liter, koster det således 100 kroner at opvarme vandet. Hvis anlægget var 5% mere effektivt, skulle det kun bruge 9,5 liter olie til at opvarme vandet, dvs. det effektivitetskorrigerede olieforbrug er nu 5% større end det faktiske forbrug. Samtidig er olien blevet 5% mere værd; ved uændret oliepris på 10 kr. pr. liter koster det nu kun 95 kr. at opvarme vandet. Den effektivitetskorrigerede pris opfattet som prisen målt i “ydelsesenheder” (= omkostninger pr. liter kogende vand) er således blevet 5% lavere. Effektivitetsindekset for det mere effektive anlæg er således 1.05.

I modellen specificeres sammenhængen i eq. (2.2) som en log-lineær relation for den enkelte type af energi, der forudsættes constant return to scale, effektivitetsindekset beskrives ved et trend-led, der modelleres substitution mellem de forskellige energityper, og endelig overlejres ligningerne med en fejlkorrektionsmodel der beskriver tilpasningen til det ønskede ligevægtsniveau af energi.

Starter vi med den simple log-lineære specifikation har vi:

$$\log(E^*) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log(X/e) + \varepsilon \cdot \log\left(\frac{P_E/e}{P_X}\right) \quad \text{eq. (2.3)}$$

hvor koefficienterne er elasticiteter, dvs. øges prisudtrykket med 1% øges det ønskede energiforbrug med ε %. Pålægges denne relation constant return to scale er $\alpha_1 = 1$, dvs. ligningen reduceres til:

$$\log(E^*) = \alpha_0 + \log(X/e) + \varepsilon \cdot \log\left(\frac{P_E/e}{P_X}\right) \quad \text{eq. (2.4)}$$

Samles effektivitetsindeksene i et led fås:

$$\log(E^*) = \alpha_0 + \log(X) + \varepsilon \cdot \log\left(\frac{P_E}{P_X}\right) - (1 + \varepsilon) \cdot \log(e) \quad \text{eq. (2.5)}$$

Af denne ligning ses, at hvis energieffektiviteten stiger med 1%, vil der være en direkte effekt på –1% på energiforbruget (idet der forudsættes constant return to scale), og derudover en indirekte substitutionseffekt på – ε % (et positivt tal) som udtryk for substitutionsvirkninger. Hvis ε (pris-elasticiteten) f.eks. er –0,20, vil substitutionseffekten blive 0,20%, således at den samlede effekt af effektivitetsstigningen bliver –0,80%. Substitutionseffekten skal forstås på

den måde, at den *effektive* en energipris falder som følge af effektivitetsstigningen, og at dette i sig selv giver en substitution fra andre produktionsfaktorer til energi

I modellen specificeres effektivitetsindekset som en kvadratisk funktion i tid, dvs. :

$$\log(e) = \tau_1 \cdot T + \tau_2 \cdot T^2 \quad \text{eq. (2.6)}$$

og eq. (2.5) kan skrives som

$$\log(E^*) = \alpha_0 + \log(X) + \varepsilon \cdot \log\left(\frac{P_E}{P_X}\right) - (1 + \varepsilon) \cdot (\tau_1 \cdot T + \tau_2 \cdot T^2) \quad \text{eq. (2.7)}$$

Det skal her bemærkes, at når effektivitetsindekset specificeres som et trend-led og estimeres på historiske data vil dette indeholde meget andet end rent teknisk inducerede effektiviteter illustreret ved eksemplet med opvarmning af vand. I realiteten er der blot tale om et avanceret trendled, som udover rene tekniske effektiviteter også opfanger alt muligt andet, som måtte udvikle sig trendmæssigt. Der kan nævnes:

- Teknologiske effektivitetsændringer
- Optimering af organisationen, processtyring o.lign.
- Strukturelle forskydninger inden for sektoren (jf. afsnit 2.6)
- Institutionelle forhold
- Effekter af kampagner, energitilsyn, kvoter, grænseværdier o.lign.
- Holdningsændringer
- Fejlspecification af ligningen eller systematiske målefejl i data
- Skala/stordriftseffekter (ligningen forudsætter constant return to scale)

Når den estimerede trend/effektivitet er udtryk for så mange ting, kan den være vanskelig at fremskrive. Hvis en estimeret effektivitetsvækst bl.a. inkluderer effekter af f.eks. en sparekampagne eller tilsynsordning, betyder det ikke, at denne effekt nødvendigvis fortsætter i al fremtid, og det kan være meget svært at vurdere hvor stor en del af den estimerede trend, der må tilskrives sparekampagnen.

Det skal også nævnes, at der i mange tilfælde estimeres effektivitetsindeks med *negativ* vækstrate. I en produktionsfunktion bør et vægtet gennemsnit af alle vækstrater for alle effektivitetsindeks være positiv, svarende til, at der er generelle tekniske fremskridt. I ADAM er det f.eks. typisk tilfældet, at kapitalens effektivitetsvækstrate estimeres negativ (svarende til, at K/Y -forholdet stiger), men dette har sit spejlbillede i, at arbejdskraftens effektivitetsvækstrate estimeres positiv, og at et vægtet gennemsnit af de to tilsammen bliver et positivt tal. Dette kan fortolkes på den måde, at de tekniske fremskridt indbygges i nogle maskiner (som der bliver flere af), men at der spares så meget arbejdskraft ved dette, at det tilsammen bliver en gevinst for virksomhederne. På samme måde kan en negativ effektivitetsvækstrate for en energitype ofte forklares med, at de teknologiske fremskridt "forbruger" denne energitype – og at dette merforbrug sparer ressourcer andre steder i produktionsprocessen.

Desuden kan struktur-effekter eller de tekniske effekter ikke bare skrives bevidstløst frem mange år i tiden. Struktur-effekter vil i sagens natur dø ud på et eller andet tidspunkt, hvis der

er tale om, at én underbranche vokser i forhold til de andre underbrancher (til sidst udgør den voksende branche nemlig hele sektoren). Og tekniske effekter kan ofte være præget af mætning, hvilket betyder, at markedet for en ny teknologi mættes på et tidspunkt, hvorefter den tekniske effekt afbøjes. Når tekniske effektiviteter skrives langt frem, bør der nok overvejes, om ikke deres procentvækstrater bør konvergere mod en fælles (intersektor) vækstrate, som udtrykker mere generelle tekniske fremskridt.

I eq. (2.7) er aggregeringsniveauet af energityper ikke defineret. I EMMA modelleres som sagt 7 forskellige energityper, og der modelleres substitution mellem de forskellige typer. Formuleres eq. (2.7) for en enkelt energitype og introduceres substitution mellem denne energitype og samtlige andre energityper kan modelles formuleres som:

$$\log(E_i^*) = \alpha_{0,i} + \log(X) + \varepsilon_{ii} \cdot \log\left(\frac{P_{Ei}}{P_X}\right) + \varepsilon_{ij} \cdot \log\left(\frac{P_{Ej}}{P_X}\right) - (1 + \varepsilon) \cdot (\tau_1 \cdot T + \tau_2 \cdot T^2)$$

eq. (2.8)

hvor E_i^* er energiforbruget af energitype i , og P_{Ei} og P_{Ej} er prisen på hhv. energitype i og summen af øvrige energityper j . ε_{ii} er egen-priselasticiteten for type i , og ε_{ij} er kryds-priselasticiteten. I et konsistent system vil der være restriktioner på pris-elasticiteterne i ligningerne for hhv. energitype i og øvrige energityper j , hvorfor de 2 ligninger skal estimeres sammen. (mere om dette i de næste afsnit om nestningsstrukturen og konkrete estimationer).

Som nævnt står E^* i ligningerne for det ønskede eller langsigtede niveau for energiforbruget. For at komme fra dette til det faktiske energiforbrug i et givet år overlejljes ligningerne med en såkaldt fejlkorrektionsmodel, der er forholdsvis nem, fleksibel og gennemskuelig måde at tilsætte ligningen en dynamisk tilpasning.

Idéen i fejlkorrektionsmodellen er at opdele tilpasningen i 2 led: Et første-års led der afspejler ændringer i det ønskede langsigtede energiforbrug samt et led der afspejler den laggede tilpasning af det faktiske til det ønskede energiforbrug. Matematisk formuleres dette som:

$$\Delta \log(E_t) = \gamma_1 \cdot \Delta \log(E_t^*) + \gamma_2 \cdot [\log(E_{t-1}^*) - \log(E_{t-1})]$$

eq. (2.9)

Fortolkningsmæssigt kan ligningen illustreres ved følgende eksempel. Da der forudsættes constant return to scale vil en stigning i produktionen på 1% på lang sigt øge energiforbruget med 1%. På kort sigt er der imidlertid trægheder, f.eks. kan man forestille sig, at førsteårseffekten af en 1% stigning i produktionen kun er på 0,40% (svarende til, at førsteårskoefficienten γ_1 er 0,40). Dette kan bl.a. skyldes trægheder i kapitalapparatet. Når produktionen/ afsætningen stiger, vil der ofte gå nogen tid inden eventuelle nye maskiner er besluttet, bestilt og leveret. Alternativt kan man forestille sig, at virksomheden vælger at se tiden an, før end det vurderes, at afsætningsstigningen er kommet for at blive og nye maskiner indkøbes.

Efter det første år vil resten af tilpasningen i en fejlkorrektionsmodel forløbe med et fast antal procent om året. Hvis den såkaldte fejlkorrektionsparameter γ_2 f.eks. er 0,50, vil effekten det næste år blive 0,70% (= de 0,40% plus halvdelen af $(1-0,40)\%$). Derefter, dvs. det tredje år, bliver effekten 0,85%, og effekten konvergerer mod det langsigtede niveau på 1% med en hastighed, som afhænger af fejlkorrektionsparameteren.

Økonometrisk set bør fejlkorrektionsparameteren γ_2 være signifikant forskellig fra nul. Ellers bliver indholdet i parentes – som er det ligningen tilpasser sig mod – svær at bestemme økonometrisk. Med meget små fejlkorrektionsparametre vil der typisk være meget store historiske uligevægte mellem E og E^* , og parametrene i den ligning, som bestemmer E^* , vil være meget dårligt bestemte.

Fejlkorrrektionsligninger af den angivne type er ganske udbredte i økonometriske modeller, herunder f.eks. ADAM. I visse varianter vælges det at lade førsteårseffekten være mere fleksible – f.eks. at der i stedet for $D\log(E^*)$ står $D\log(\text{energipris})$, $D\log(\text{produktion})$ osv. I EMMA er det generelt valgt at holde den simple form, da data ofte ikke er gode nok til at identificere separate førsteårseffekter, men i princippet kunne man godt forestille sig, at førsteårstilpasningen, hvad angår energipris, er forskellig fra førsteårseffekten for så vidt angår produktion.

For at få en pæn jævn tilpasning skal både γ_1 og γ_2 ligge i intervallet 0 til 1, og specielt γ_2 bør ikke fravige dette område.¹

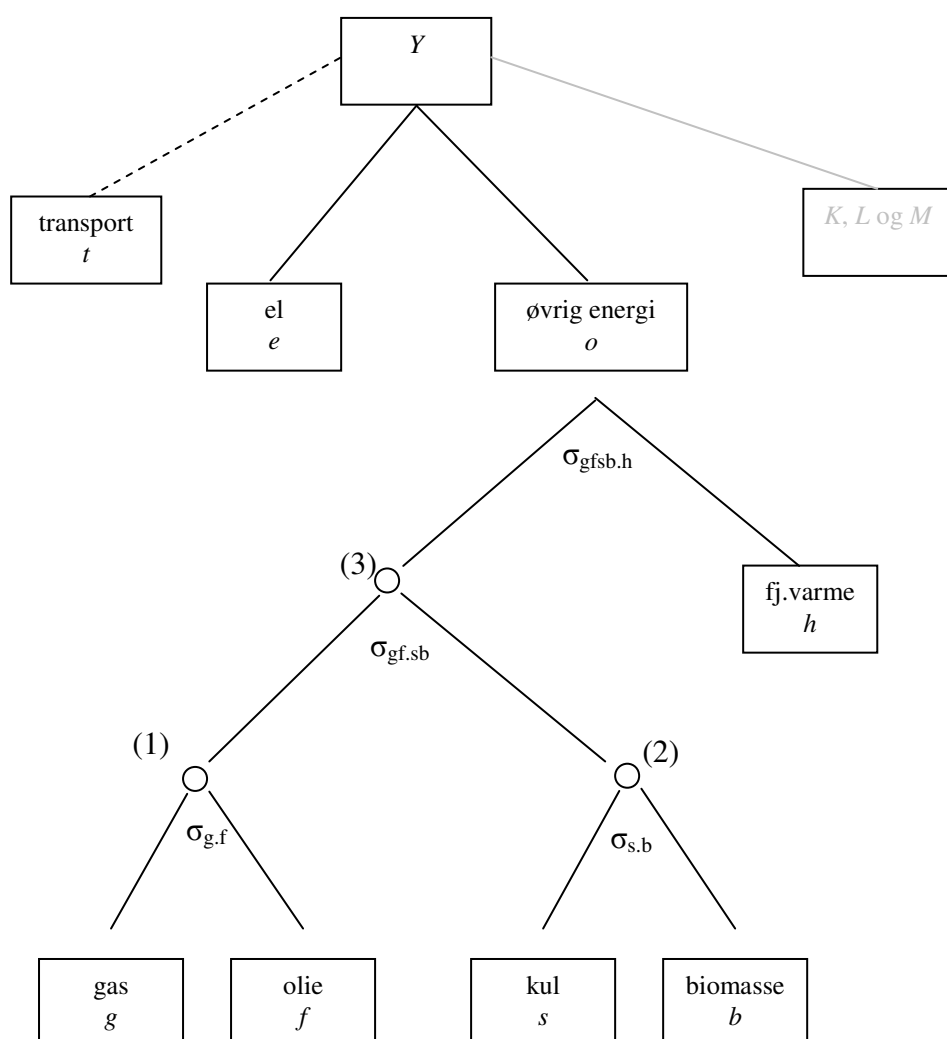
2.3 Nestningsstrukturen i EMMA's erhverv

Som nævnt opdeles energiforbruget i efterspørgsel efter de 7 energityper: el, fjernvarme, gas, olie, kul, biomasse og transport. For erhvervene beskrives substitutionen mellem disse energityper generelt ved nastede CES-funktioner, hvor nestningsstrukturen er vist i Figur 2.7.

På øverste niveau skilles transportenergiforbruget ud og dette modelleres separat samlet for samtlige brancher. Begrundelsen for at modellere transportenergiforbruget uafhængigt af de øvrige energiforbrug i erhvervene er, at det er meget vanskeligt at fortolke en substitution mellem transportenergi og det øvrige energiforbrug i erhvervene. Hvordan skulle det f.eks. fortolkes at der spares benzin/diesel til nogle varebiler imod til gengæld at bruge mere el eller gas i produktionsprocessen. (Modellen for transportenergiforbruget er beskrevet i kapitel 4.)

¹ Hvis ikke dette er tilfældet, kan der fås overshooting eller cyklisk tilpasning. En negativ fejlkorrektionsparameter giver ikke mening, og en fejlkorrektionsparameter større end 1 vil give meget svært fortolkelige oscillationer.

Figur 2.7. Nestingsstruktur for erhvervenes energiforbrug.



På næste niveau opdeles energiforbruget i på den ene side el og på den anden side andre energityper (dvs. gas, fjernvarme, kul, olie og biobrændsler).

Med hensyn til fordelingen af øvrige energi på de 5 energityper er ideen i systemet, at der på nederste niveau dels substitueres mellem gas og olie på den ene side og kul og biomasse på den anden side. Denne nesting er valgt, fordi disse energityper parvist ligner hinanden mht. priser (i hvert fald gas og olie) og indfyringsteknologi, men det skal ikke forstås på den måde, at der slet ikke er substitution mellem f.eks. gas og biomasse i et industrierhverv. I så fald går substitution via $\sigma_{gf, sb}$ et niveau højere oppe, og før end en eventuelt forhøjet gaspris slår ud i øget biomasseforbrug vil der "først" ske en substitution mellem gas og olie. Derefter vil prisen på gas/olie-aggregatet stige og trække efterspørgslen efter kul/biomasse-aggregatet op. Endelig vil der ske en fordeling af dette på kul og biomasse.

Som det ses, er fjernvarmen nestet ud i det øverste nest, da fjernvarmeforbruget i de fleste tilfælde bestemmes sidst i beslutningsprocessen, når de optimale forhold mellem de andre energityper er kendte. Fjernvarmen har også til en vis grad karakter af "nødvendighedsgode"

(i hvert fald for given isoleringsstandard), hvorfor det vil være rart at have fjernvarmen så højt som muligt i nestingsstrukturen (med mulighed for at sætte $\sigma_{\text{gfsb,h}}$ i det øverste nest lig nul). Dog skal det bemærkes, at fjernvarmen selv når $\sigma_{\text{gfsb,h}} = 0$ vil påvirkes af priserne på e -, o - og KLM -aggregaterne.²

På priselasticiteterne for de fem under-energityper giver ovenstående system følgende bindinger:

- Fjernvarmeprisen påvirker ikke forholdet mellem de andre fire energityper
- Gasprisen og olieprisen påvirker ikke forholdet mellem kul og biomasse
- Kulprisen og biomasseprisen påvirker ikke forholdet mellem gas og olie

2.3.1 Mere konkret om ligningerne for el og øvrig energi

Starter vi med at se på substitutionen mellem el og øvrig energi kan en simpel CES-funktion uden trend og dynamik skrives som:

$$\log\left(\frac{qJe}{qJo}\right) = \beta \cdot \log\left(\frac{pqje}{pqjo}\right) \quad \text{eq. (2.10)}$$

Denne ligning kan estimeres stort set som den står, men da den kun giver en fordeling af det samlede forbrug af qJe og qJo , vil en ligning for summen $qJw = qJe + qJo$ også skulle bruges. En sådan ligning kunne laves efter samme skabelon som i eq. (2.7), men hvis dette skal gøres på den rigtige måde, ender det hurtigt med et trefaktor nestet CES-substitutionssystem, som dels kan være lidt vanskeligt at estimere og dels kan give ret komplekse ligninger. For at undgå dette er det ligesom i de seneste EMMA-versioner valgt at bruge en linearisering af det teoretisk korrekte CES-substitutionssystem, hvorved der opnås et tofaktor system af log-lineære ligninger i qJe og qJo . Begrundelsen for, at dette kan lade sig gøre uden større problemer er, at energiforbruget udgør en beskeden andel af produktionsværdien.

Skrives ligningerne for el og øvrig energi på som i eq. (8) gives:

$$\begin{aligned} \log(E_e) &= \log(X) + \varepsilon_{ee} \cdot \log\left(\frac{P_e}{P_x}\right) + \varepsilon_{eo} \cdot \log\left(\frac{P_o}{P_x}\right) + trend \\ \log(E_o) &= \log(X) + \varepsilon_{oe} \cdot \log\left(\frac{P_e}{P_x}\right) + \varepsilon_{oo} \cdot \log\left(\frac{P_o}{P_x}\right) + trend \end{aligned} \quad \text{eq. (2.11)}$$

I ovenstående system er der den binding mellem parametrene ε_{eo} og ε_{oe} , at disse skal være såkaldt Slutsky-symmetriske. Det indebærer, at forholdet mellem disse skal svare til forholdet

² Om fjernvarmen egentligt burde bestemmes helt for sig selv på et endnu højere niveau er et godt problem. Der kan være nogle indlysende fordele ved dette, dvs. at have fjernvarmen separeret ud i det allerøverste nest sammen med transport, el/øvrig og $K/L/M$ (grå kasser). Men det er et større indgreb. En decideret opdeling i proces- og varmeenergi for erhvervene ville generelt være en god ting, forstået på den måde at varmeenergien burde defineres som udgøres af hele fjernvarmen plus dele af naturgas, olie og biobrændsel. Om sådanne data kan konstrueres er dog tvivlsomt.

mellem omkostningsandelene for de to energityper. I de seneste EMMA-versioner har forholdet mellem omkostningsandelene i et givent år (typisk sidste estimationsår) været brugt, men der er noget, som tyder på, at dette short-cut betyder mere, end man måske umiddelbart kunne tro. I hvert fald viser det sig, at det giver bedre resultater at bruge en *tidsserie* for forholdet mellem omkostningsandelene, da dette forhold typisk har ændret sig en del over tid.³ Ved at bruge en sådan tidsserie nærmeres det teoretisk forlæg endnu bedre (dvs. et “rigtigt” trefaktor nestet CES-system).

Ideen i det anvendte system tager sit udgangspunkt i følgende trefaktor substitutionssystem med E_e , E_o og Z som produktionsfaktorer, og P_e , P_o og P_Z som priser. Her er E_e og E_o el og øvrig energi, mens Z skal fortolkes som et aggregat af produktionsfaktorerne K , L og M – eller alternativt som et aggregat af produktionsværdien minus el og øvrig energi.⁴

En log-lineær udgave af et sådant substitutionssystem ser ud som følger:

$$\begin{aligned}\log(E_e) &= \log(X) + \epsilon_{ee} \cdot \log(P_e) + \epsilon_{eo} \cdot \log(P_o) + \epsilon_{ez} \cdot \log(P_Z) \\ \log(E_o) &= \log(X) + \epsilon_{oe} \cdot \log(P_e) + \epsilon_{oo} \cdot \log(P_o) + \epsilon_{oz} \cdot \log(P_Z) \\ \log(Y) &= \log(X) + \epsilon_{ze} \cdot \log(P_e) + \epsilon_{zo} \cdot \log(P_o) + \epsilon_{zz} \cdot \log(P_Z)\end{aligned}\quad \text{eq. (2.12)}$$

Her skal ϵ 'erne opfattes som partielle priselasticiteter, og i et sådant system gælder, at priselasticiteterne summer til nul rækkevis. Desuden gælder der Slutsky-symmetri, dvs. f.eks. $\epsilon_{21} = \epsilon_{12} s_1/s_2$, hvor s 'erne er omkostningsandele. Da ϵ 'erne summer til nul rækkevis, kan systemet omskrives til følgende:

$$\begin{aligned}\log(E_e) &= \log(X) + \epsilon_{ee} \cdot \log(P_e) + \epsilon_{eo} \cdot \log(P_o) - (\epsilon_{ee} + \epsilon_{eo}) \cdot \log(P_Z) \\ \log(E_o) &= \log(X) + \epsilon_{oe} \cdot \log(P_e) + \epsilon_{oo} \cdot \log(P_o) - (\epsilon_{oe} + \epsilon_{oo}) \cdot \log(P_Z) \\ \log(Z) &= \log(X) + \epsilon_{ze} \cdot \log(P_e) + \epsilon_{zo} \cdot \log(P_o) - (\epsilon_{ze} + \epsilon_{zo}) \cdot \log(P_Z)\end{aligned}\quad \text{eq. (2.13)}$$

Eller

$$\begin{aligned}\log(E_e) &= \log(X) + \epsilon_{ee} \cdot \log\left(\frac{P_e}{P_Z}\right) + \epsilon_{eo} \cdot \log\left(\frac{P_o}{P_Z}\right) \\ \log(E_o) &= \log(X) + \epsilon_{oe} \cdot \log\left(\frac{P_e}{P_Z}\right) + \epsilon_{oo} \cdot \log\left(\frac{P_o}{P_Z}\right)\end{aligned}\quad \text{eq. (2.14)}$$

Her er den sidste ligning ignoreret af følgende grund. Omkostningsandelen vedr. forbrug af el og øvrig energi for typiske erhverv er meget lille i forhold til de samlede produktionsomkostninger, så der vil gælde, at næsten ligegyldigt hvad ϵ_{1z} og ϵ_{2z} estimeres til, vil ϵ_{1z} og ϵ_{2z} blive meget små som følge af Slutsky-symmetrien. Og når ϵ_{1z} og ϵ_{2z} er meget små, bliver ϵ_{zz}

³ Faktisk bruges mere specifikt en tidsserie for forholdet mellem de *ønskede/langsigtede* omkostningsandele.

⁴ Strengt taget som et aggregat af K , L , M samt transportenergiforbrug.

det også, da de skal summe til nul. Altså bliver den tredje ligning økonometrisk set ret uinteressant. Ligningssystemet eq. (2.14) vil stort set give det samme som hvis den sidste ligning ikke havde været med, fordi der pga. energiens beskedne omkostningsandel ikke vil være ret meget sammenhæng mellem parametrene i den sidste ligning i forhold til parametrene i de to første ligninger. Et vist tab af information er der dog, men dette skal afvejes imod et meget enklere to-ligningers system. I systemet eq. (2.14) skal der i øvrigt huskes på, at ε 'erne ikke længere summer til nul rækkevis, men der gælder selvfølgelig stadigvæk Slutsky-symmetri, dvs. $\varepsilon_{21} = \varepsilon_{12} s_1 / s_2$.

I Slutsky-restriktionen skal der teoretisk set bruges de ønskede/langsigtede omkostningsandele til at lave tidsserierne for s_1 og s_2 , og for at undgå dette har det været forsøgt at bruge de observerede omkostningsandele i stedet. Dette er imidlertid økonometrisk set ret problematisk og har en tendens til at køre estimationerne af sporet pga. af den kraftige samvariation, som fås mellem ligningernes restled og tidsserien for forholdet mellem omkostningsandelene. Faktisk fås ret pæne parametre og likelihoodværdier på den måde, men kovariansen mellem de estimerede residualer i de to ligninger får til gengæld en tendens til at blive utroværdigt høj.

Det er derfor valgt at estimere i to trin, hvor de langsigtede/ønskede omkostningsandele først estimeres i trin 1, hvorefter disse bruges til at konstruere den nævnte tidsserie i trin 2, hvorefter systemet estimeres igen⁵. Overraskende nok indebærer denne ret simple procedure, at substitutionen mellem el og øvrig energi kan estimeres en hel del større og mere signifikant end hidtil.

Separabilitet

I systemet eq. (2.14) kan der pålægges separabilitet, svarende til at prisen på produktionsværdi (P_Z) ikke påvirker *forholdet* mellem energiforbrugene (E_e og E_o). Det svarer i systemet eq.(2.12) til, at $\varepsilon_{1z} = \varepsilon_{2z}$, eller i systemet eq. (2.13), at $\varepsilon_{11} + \varepsilon_{12} = \varepsilon_{21} + \varepsilon_{22}$. Pga. Slutsky-symmetrien bliver den sidste ligning til, at $\varepsilon_{11} + \varepsilon_{12} = \varepsilon_{12} s_1 / s_2 + \varepsilon_{22}$, eller $\varepsilon_{22} = \varepsilon_{11} - \varepsilon_{12} s_1 / s_2 + \varepsilon_{12}$. Det er ikke sådan, at der ønskes denne separabilitet a priori, da det sagtens kan vise sig, at el og øvrig energi substituerer forskelligt med de andre produktionsfaktorer (her tænkes specielt på kapitalapparatet).

Effektivitetsindeks

Ligningerne er estimeret med effektivitetsindeks som udtryk for trendmæssige/teknologiske skift, jf. også afsnit 2.2. Som nævnt i afsnit 2.2 er det, at vækstraten i et effektivitetsindeks er negativ ikke udtryk for, at der er tekniske tilbageskridt. Det kan i stedet være udtryk for, at de tekniske fremskridt andre steder i produktionsprocessen er energiforbrugende, f.eks. hvis de bygges ind i energiforbrugende maskiner (som sparer arbejdskraft og materialer). Effektivitetsindeksene kan dog også være udtryk for meget andet end effektivitet/produktivitet, herunder regler/støtteordninger eller institutionelle forhold.

Under estimationerne blev det overvejet, om de i afsnit 2.6 beregnede struktur-effekter skulle inkluderes. Det blev dog vurderet, at det enkleste for så vidt angår estimationer af erhvervenes energiforbrug var at bibeholde en ren trend (dvs. tiden t), og så rent datamæssigt definere en teknologitrend og strukturtrend på den måde, at de når de ganges sammen skal give den

⁵ I princippet kunne denne proces så fortsætte, men af enkeltheds hensyn er det valgt at stoppe efter én iteration.

estimerede trend. Alternativt formuleret kan væksten i teknologitrenden forstås som væksten i den estimerede trend minus væksten i strukturtrenden.

Dynamik

Begge ligningerne er tilsat standard fejlkorrektionsstilpasning, jf. eq.(2.9). For øvrig energi tillades desuden en graddage-effekt, som er formuleret på en måde, så et forøget antal graddage kun får effekt på opvarmningsforbruget i det givne år (hvilket igen kræver, at graddagene optræder i både kort- og langsigtsligningen). Der kan findes tydelige graddage-effekt for øvrig energi i alle estimerede erhverv, undtagen landbruget. Der kan ikke findes nogen graddageeffekt for elektricitet, hvilket da heller ikke var forventet.

Eksempel på ligninger

For at sammenfatte ovenstående gennemgang kan det være en fordel at se de konkrete ligninger, her for *nm*-erhvervet, jf. nedenstående ligninger. I de to første ligninger bestemmes den samlede trend for el og øvrig energi ud fra strukturtrenden (suffix *s*) og den rene tids- eller teknologi-trend (suffix *t*). F.eks. vil der gælde, at hvis strukturtrenden stiger 1% og tidstrenden 2%, så vil den samlede trend stige med 3%. Den næste ligning er det ønskede el-forbrug (suffix *w* for “wanted”). I denne ligning kan det ses, at krydspriselasticiteten er blevet bundet til 0,10. Efterfølgende ses ligningen for øvrig energi. De 0,10 genfindes, og det ses, at tallet ganges med *bshnm*, som er en tidsserie for forholdet mellem omkostnings-andelene (hvilket sikrer Slutsky-symmetrien). I EMMA er denne tidsserie eksogen, men i princippet kunne den være givet endogent ud fra de ønskede omkostningsandele. Dette er dog fravalgt for at holde systemet rekursivt. Da energiomkostningerne som nævnt er små i forhold til de totale produktionsomkostninger er det i de estimerede ligninger valgt at approxinere P_Z med branchens outputpris P_X .

Til sidst ses fejlkorrektionsdynamikken for de to ligninger. Den første parameter er første-årseffekten, den anden parameter er fejlkorrektionsstilpasningen, og for øvrig energi er der desuden en graddage-effekt (som også findes i ligningen for det ønskede energiforbrug (*qJonmw*)). I ligningerne er *dtqjenm* og *dtqjonm* fratrukket på højresiden (i logaritmer), og divideret op i priserne. Dette er helt standard som det også gøres i f.eks. ADAMs faktorblok. Produktionsværdien *fXnm_emma* og prisen på denne (*pxnm_emma*) har suffix “_emma” for at kunne skelne fra ADAMs tilsvarende variabel. I ADAM er erhvervet *nm* defineret anderledes, så suffixet er for at eliminere risikoen for forvekslinger.

```

frml _D      dlog(dtqjenm) =dlog(dtqjenms) + dlog(dtqjenmt) $
frml _D      dlog(dtqjonm) =dlog(dtqjonms) + dlog(dtqjonmt) $
frml _DJRD   log(qJenmw)   =-log(dtqjenm) +log(fXnm_emma)
              -0.073187*log(pbqjenm/pxnm_emma/dtqjenm)
              +0.100000*log(pbqjonm/pxnm_emma/dtqjonm) -3.15808 $
frml _DJRD   log(qJonmw)   = -log(dtqjonm) +log(fXnm_emma)
              +0.100000*bshnm*log(pbqjenm/pxnm_emma/dtqjenm)
              -0.207727*log(pbqjonm/pxnm_emma/dtqjonm)
              +0.407316*log(graddag) -6.38253 $
frml _SJRD   Dlog(qJenm0)  =0.298957*dlog(qJenmw) +0.496774*log(qJenmw(-1)/qJenm0(-1)) $
frml _SJRD   Dlog(qJonm0)  =0.242290*dlog(qJonmw) +0.302699*log(qJonmw(-1)/qJonm0(-1))
              + (1-0.242290)*0.407316*Dlog(graddag) $

```

2.3.2 Underopdeling af øvrig energi i erhvervene

Givet at det totale forbrug af øvrig energi er bestemt ved eq. (2.14), er der i modellen 2 muligheder for at fordele dette på de 5 underliggende energityper. I tidligere versioner af EMMA er fordelingen foretaget ved eksogene andele, som oftest konstante andele normeret til andelen i seneste observationsår. Denne mulighed findes stadig i modellen. I multiplikatoranalyser er det nok ikke hensigtsmæssigt at fordele øvrigt energiforbrug med konstante andele. Hvis f.eks. olieprisen stiger og olieforbruget falder, vil det – ud over en substitution over mod el – vise sig, at der sker en substitution over mod de fire andre energityper. Med konstante andele vil en olieprisstigning slå ud i den samlede pris på øvrig energi (kun delvist, da der er en dødvægt af andre energityper), hvilket igen ville formindske efterspørgslen efter øvrig energi. Med faste fordelingsandele ville en stigning i olieprisen få alle de fem under-energityper (inklusive olie) til at falde med *samme* antal procent.

Som alternativ er der mulighed for substitution mellem de 5 energityper. I denne model tages udgangspunkt i den simple andelsrelation beskrevet i eq. (2.10), og der defineres de 3 aggregater: 1) gas og olie, 2) kul og biomasse og 3) summen af disse som beskrevet i figur 2.7.

Startes fra bunden i figur 3 er der på nederste niveau følgende relationer der beskriver substitutionen mellem gas og olie (i EMMA kaldet aggregering 1):

$$\log\left(\frac{E_g}{E_f}\right) = \sigma_{g,f} \cdot \log\left(\frac{P_g}{P_f}\right)$$

$$E_f = E_{g+f} - E_g \quad \text{eq. (2.15)}$$

$$P_{gf} = \frac{P_g \cdot E_g + P_f \cdot E_f}{E_{g+f}}$$

og for kul og biomasse (i EMMA kaldet aggregering 2):

$$\log\left(\frac{E_s}{E_b}\right) = \sigma_{s,b} \cdot \log\left(\frac{P_s}{P_b}\right)$$

$$E_b = E_{s+b} - E_s \quad \text{eq. (2.16)}$$

$$P_{sb} = \frac{P_s \cdot E_s + P_b \cdot E_b}{E_{s+b}}$$

Gåes et niveau op fås følgende ligninger for aggregaterne gas-olie og kul-biomasse (i EMMA kaldet aggregering 3):

$$\log\left(\frac{E_{g+f}}{E_{s+b}}\right) = \sigma_{gf, sb} \cdot \log\left(\frac{P_{gf}}{P_{sb}}\right)$$

$$E_{s+b} = E_{g+f+s+b} - E_{g+f} \quad \text{eq. (2.17)}$$

$$P_{gfsb} = \frac{P_{g+f} \cdot E_{g+f} + P_{s+b} \cdot E_{s+b}}{E_{g+f,s+b}}$$

Endelig haves på øverste niveau:

$$\log \left(\frac{E_{g+f+s+b}}{E_h} \right) = \sigma_{gf, sb} \cdot \log \left(\frac{P_{gfsb}}{P_h} \right)$$

$$E_h = E_o - E_{g+f+s+b} \quad \text{eq. (2.18)}$$

hvor prisligningen ikke er relevant, da den ikke skal bruges i et yderligere nest.

Hvad skal σ 'erne sættes til?

I mangel af egentlige estimater foreslås det som udgangspunkt at sætte de fire σ 'er til 0,5, svarende til halvvejs mellem Leontief- og Cobb-Douglas-tilfældet. På den måde kan der fås en rimelig idé om, hvor meget en eventuel substitution betyder, uden at denne er alt for voldsom. I et tofaktorsystem med ens omkostningsandele ville $\sigma = 0,5$ svare til egenpriselasticiteter på $-0,25$ og krydspriselasticiteter på $0,25$. Alternativt kan der skeles til resultaterne i modelgruppepapiret TT 31.03.06: *Et simpelt fordelingsystem for øvrig energi i EMMA*.

Eksempel på ligninger: Case: *nm*-erhvervet

De konkrete modelligninger for *nm*-erhvervet er følgende:

Fordelingssystem (*nm*-erhverv)

```
( ) FORDELING PÅ FEM ARTER, GAMMELT SYSTEM
FRML _I      qJgNM1      = bqjgNM*qJoNM $
FRML _I      qJhNM1      = bqjhNM*qJoNM $
FRML _I      qJsNM1      = bqjsNM*qJoNM $
FRML _I      qJbNM1      = bqjbNM*qJoNM $
FRML _I      qJfNM1      = qJoNM-qJgNM1-qJhNM1-qJsNM1-qJbNM1 $

( ) FORDELING PÅ FEM ARTER, NYT SYSTEM
FRML _GJR   qJ3NM      = qJ3NM(-1)/qJhNM2(-1)*qJoNM*exp(-bsig4NM*dlog(pbqj3NM/pbqjhNM))
              / (1+qJ3NM(-1)/qJhNM2(-1)*exp(-bsig4NM*dlog(pbqj3NM/pbqjhNM))) $
FRML _I     qJhNM2      = qJoNM-qJ3NM $
FRML _GJR   qJ1NM      = qJ1NM(-1)/qJ2NM(-1)*qJ3NM*exp(-bsig3NM*dlog(pbqj1NM/pbqj2NM))
              / (1+qJ1NM(-1)/qJ2NM(-1)*exp(-bsig3NM*dlog(pbqj1NM/pbqj2NM))) $
FRML _I     qJ2NM      = qJ3NM-qJ1NM $
FRML _GJR   qJgNM2      = qJgNM2(-1)/qJfNM2(-1)*qJ1NM*exp(-bsig1NM*dlog(pbqjgNM/pbqjfNM))
              / (1+qJgNM2(-1)/qJfNM2(-1)*exp(-bsig1NM*dlog(pbqjgNM/pbqjfNM))) $
FRML _I     qJfNM2      = qJ1NM-qJgNM2 $
FRML _GJR   qJsNM2      = qJsNM2(-1)/qJbNM2(-1)*qJ2NM*exp(-bsig2NM*dlog(pbqjsNM/pbqjbNM))
              / (1+qJsNM2(-1)/qJbNM2(-1)*exp(-bsig2NM*dlog(pbqjsNM/pbqjbNM))) $
FRML _I     qJbNM2      = qJ2NM-qJsNM2 $
FRML _I     pbqj1NM      = (pbqjgNM*qJgNM2+pbqjfNM*qJfNM2)/qJ1NM $
FRML _I     pbqj2NM      = (pbqjsNM*qJsNM2+pbqjbNM*qJbNM2)/qJ2NM $
FRML _I     pbqj3NM      = (pbqj1NM*qJ1NM+pbqj2NM*qJ2NM)/qJ3NM $

( ) SAMLET SYSTEM
FRML _I     qJgNM      = (1-dsubsys)*qJgNM1 + dsubsys*qJgNM2 $
FRML _I     qJhNM      = (1-dsubsys)*qJhNM1 + dsubsys*qJhNM2 $
FRML _I     qJsNM      = (1-dsubsys)*qJsNM1 + dsubsys*qJsNM2 $
FRML _I     qJfNM      = (1-dsubsys)*qJfNM1 + dsubsys*qJfNM2 $
```

$$FRML_I \quad qJbNM = (1-dsubsys)*qJbNM1 + dsubsys*qJbNM2 \quad \$$$

De første ligninger er det gamle system, blot med et suffix “1” på de fem under-energityper.

I det nye system har de fem energityper suffix “2” (af hensyn til senere switch-mulighed), mens der ikke er sat suffix “2” på de andre variabler ($qJ3nm$ osv.), da der ikke er nogen grund til dette. I systemet bestemmes først fordelingen af $qJonm$ ud på $qJ3nm$ og $qJhnm$, og i det næste nest bestemmes fordelingen af $qJ3nm$ ud på $qJ1nm$ og $qJ2nm$ (jf. figur 2.7 vedrørende 1-, 2- og 3-nummereringen). De to nederste nests udsplitter 1- og 2-aggregaterne på g/f hhv. s/b . I tabel 2.3 er der givet en oversigt over hvad ligningerne bestemmer, og hvad ligningerne afhænger af.

Tabel 2.3. Oversigt over variabler

	Endo1	Endo2	Aktivitets- variabel	Pris1	Pris2	σ
Øverste nest	$qJ3nm$	$qJhnm2$	$qJonm$	$pqj3nm$	$pqjhnm$	$bsigma4$
Nest $g-f-sb$	$qJ1nm$	$qJ2nm$	$qJ3nm$	$pqj1nm$	$pqj2nm$	$bsigma3$
Nest $g-f$	$qJgnm2$	$qJfnm2$	$qJ1nm$	$pqjgnm$	$pqjfnm$	$bsigma1$
Nest $s-b$	$qJsnm2$	$qJbnm2$	$qJ2nm$	$pqjsnm$	$pqjbnm$	$bsigma2$

Anm.: $qJ3nm = g+f+s+b$, $qJ1nm = g+f$, $qJ2nm = s+b$. Jf. også (1), (2) og (3)-numrene i figur 31.

De første otte ligninger i det nye system ender altså med at bestemme $qJ_{i;nm}2$ for $i = h, g, f, s, b$, med $qJ3nm$, $qJ1nm$ og $qJ2nm$ som hjælpevariabler/aggregater. De sidste tre ligninger i det nye system er blot priserne på de tre hjælpevariabler. I alt er der altså 11 ligninger, hvoraf de 7 er identiteter uden justeringsmulighed (ville ikke være meningsfuld).

Til sidst bestemmes $qJ_{i;nm}$ for $i = h, g, f, s, b$ i et switch-system, hvor der vha. dummyen $dsubsys$ kan vælges, om der skal køres med det gamle system (default, $dsubsys = 0$), eller om det nye system skal slås til. Fordelen ved denne formulering er, at der altid kan ses, hvad det andet system ville sige, selv om man har valgt det ene vha. switch-dummyen.⁶

For at give et klarere billede af effekterne gives der her en tabel over langsigteffekterne af at hæve de forskellige priser i subsystemet. Disse eksperimenter er for enkelheds skyld gjort ved at klippe delmodellen ud og køre med denne isoleret. Det vil sige, at der ikke er nogen effekter via $pqjonm$ over på den overordnede $qJonm$, og endvidere er de indgående priser $pqj_{i;nm}$ eksogene, hvilket gør eksperimentet lidt nemmere at sætte op.⁷

Tabel 2.4. Priselasticiteter for nm-erhvervet, givet at alle $b\sigma$ 'er er sat til 0,5

⁶ Desuden giver det problemer at indsubstituere $qJ_{i;nm}1$ og $qJ_{i;nm}2$ i switch-ligningerne med henblik på at spare ligninger og variabler. Problemet med denne løsning er dels, at det ikke er så nemt at se, hvad det andet system ville have sagt. Og hvad værre er: der bliver problemer med automatisk J-ledspå sætning, idet der f.eks. for g gælder, at ligningen i det gamle har kode $_I$, mens det er en $_GJR$ i det nye system. Hvis ligningerne blev syntetiserede, ville der åbnes op for grimme fejlmuligheder, hvis der ikke blev passet meget på J-leddene, når der switches. Så er det bedre at have separate J-led for de to systemer.

⁷ Det skal nævnes, at de viste tal i tabel 2.4 og tabel 2.5 er taget fra papiret modelgruppepapiret TT 31.03.06: *Et simpelt fordelingsystem for øvrig energi i EMMA*. Altså er tallene fra den forrige EMMA-version. Der burde dog ikke være store forskelle, da fordelingsystemet er præcis det samme i de to EMMA-versioner.

	pg	pf	ps	pb	ph
g	-0,21	0,11	0,00	0,00	0,09
f	0,29	-0,38	0,00	0,00	0,09
s	0,29	0,11	-0,50	0,00	0,09
b	0,29	0,11	0,00	-0,49	0,09
h	0,29	0,11	0,00	0,00	-0,41

Anm.: Omkostningsandele er $g=0,58$, $f=0,23$, $s=0,00$, $b=0,01$, $h=0,18$.

De alle σ 'erne er sat til 0,5, reducerer systemet til en generaliseret femfaktor CES-funktion med fælles- $\sigma = 0,5$.⁸ For søjlen med pg -priselasticiteter gælder der f.eks. at egenpriselasticiteten er givet som $-(1-0,58) \cdot 0,5 = -0,21$, hvor de 0,58 er g 's omkostningsandel, og hvor de 0,5 er substitutionseleasticiteten. For krydspriselasticiteterne i denne søjle er de givet som $0,58 \cdot 0,5 = 0,29$. I s - og b -søjlen er der stort set ingen krydspriselasticiteter, hvilket hænger sammen med, at omkostningsandelene for s og b er så små. Da der bruges så lidt kul og biomasse er det stort set ligegyldigt for de andre energityper, om prisen på kul eller biomasse øges med 1%.

Hvis σ 'erne sættes forskelligt kan der fås en meget mindre restriktiv matrice af priselasticiteter, men på trods af en sådan øget fleksibilitet vil der dog altid være nogle restriktioner; f.eks. vil der med de foreslåede system altid gælde, at krydspriselasticiteterne i h -søjlen er ens, fordi h er nestet ud i øverste niveau. I et mere fleksibelt system som f.eks. en translog eller generaliseret Leontief kunne disse krydspriselasticiteter være helt uafhængige.⁹

For at kunne vise en matrice med samlede priselasticiteter for subsystemet, er subfordelings-systemet som før klippet ud af modellen, så det kan køres isoleret. Når dette er gjort (og $dsubsys$ er sat til 1), kan der beregnes følgende elasticiteter:

Tabel 2.5. Aggregerede priselasticiteter for alle erhverv, med alle $b\sigma$ 'er sat til 0,5

	pg	pf	ps	pb	ph
g	-0,28	0,12	0,03	0,02	0,11
f	0,12	-0,25	0,04	0,03	0,05
s	0,17	0,19	-0,44	0,06	0,02
b	0,12	0,23	0,03	-0,42	0,04
h	0,15	0,08	0,00	0,01	-0,24

Anm.: Erhvervene er a , b , nb , nf , nk , nm , nn , nq , nt , o , qf , qh og qq , dvs. uden forsyningssektor og transportsektor.

Som det ses af tabellen, er der ikke længere samme systematik som i tabel 2.5, hvor søjlecellerne (bortset fra diagonalcellen) var ens. Manglen på systematik skyldes sammensætnings-effekter.¹⁰ Der gælder dog selvfølgelig den systematik, at rækkerne summer til nul, så hvis alle priserne stiger med 1%, vil det ikke give nogen ændringer i subsystemets energiforbrug.

⁸ Se evt. ADAM-working paper 1999:1, s. 33.

⁹ De ville med den givne datakvalitet være særdeles vanskelige at estimere med en rimelig grad af sikkerhed og det ville være usikkert, hvad krydspriselasticiteterne skulle sættes til.

¹⁰ Der gælder f.eks. i nm -erhvervet, at f stiger med 0.29%, når pg stiger med 1%, mens effekten i et andet erhverv kunne tænkes at være 0.10% (hvis g -omkostningsandelen dér er mindre). Vi har så, at f stiger med 0.29% hhv. 0.10% i de to erhverv, og derfor vil f -aggregatet stige med et sted mellem 0.10% og 0.29%.

2.4 Estimationsresultater for substitution mellem el og øvrig energi

Før detaljerne i estimationerne gennemgås, gives først en talmæssig oversigt over erhvervenes energiforbrug. Der henvises i øvrigt også til afsnit 2.1 vedrørende erhvervsdefinitioner i denne EMMA-version.

2.4.1 Oversigt over erhvervenes energiforbrug

Tabel 2.6 giver en oversigt over erhvervenes energiforbrug fordelt på erhverv og brændsler. For nomenklatur og beskrivelse af de enkelte erhverv/brancher henvises til afsnit 2.1. Det skal bemærkes, at tabel 5 ikke indeholder *e*-, *ng*- og *ne*-erhvervene – dvs. Nordsøen, olieraffinaderier samt energiforsyningserhvervet (kraftvarmeværker mm.). Således er tabellen en oversigt over det såkaldt *endelige* energiforbrug¹¹. For fuldstændighedens skyld er også husholdningerne taget med (række *c*).

Yderst til højre er angivet nogle aggregater over energityper. Den første af de tre søjler er øvrig energi (type *o*), som er alle energityper undtagen transportenergi og el. Den næste af søjlerne er type *w*, som er alle energityper undtagen transportenergi. Den sidste søjle (type *z*) er summen af alle energityperne.

Rækkerne i tabellen er grupperet efter først primære erhverv (fiskeri, gartneri og landbrug). Dernæst er der fire aggregerede fremstillingserhverv samt tre specielle energitunge erhverv, hvor disse tilsammen syv erhverv udgør fremstillingssektoren. Bygge- og anlægssektoren er en type for sig, og dernæst kommer fire aggregerede serviceerhverv samt fire transport-erhverv. Endelig er der offentlige tjenester som det sidste erhverv.

Tilsvarende vil *s*-aggregatet stige med et sted mellem 0.10% og 0.29%, men ikke nødvendigvis det samme ”sted” som for *f*-aggregatet, da det ikke er sikkert, at forholdet mellem *f* og *s* er det samme for de to erhverv.

¹¹ Læs mere om de forskellige typer af energiforbrug i *Energi- og emissionsmodeller i ADAM* eller i *Økonomi og Miljø 2008* (De Økonomiske Råd), s. 172.

Tabel 2.6. Oversigt over endeligt energiforbrug i EMMA (TJ i 2005)

	transp.	el	gas	fjernv.	kul	olie	bio	øvrige	ej transp.	alle
	<i>t</i>	<i>e</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>f</i>	<i>b</i>	<i>o</i>	<i>w</i>	<i>z</i>
<i>af</i> Fiskeri	7.460	201	0	0	0	147	0	147	348	7.808
<i>ag</i> Gartneri	221	312	1.378	1.985	1.766	1.305	71	6.506	6.817	7.038
<i>al</i> Landbrug	5.569	6.312	3.314	0	280	18.392	2.227	24.214	30.526	36.095
<i>nf</i> Nærings/nydelse	1.594	8.323	15.247	1.476	1.999	6.563	102	25.388	33.711	35.306
<i>nm</i> Maskiner	2.799	7.610	5.111	2.304	0	2.546	142	10.104	17.713	20.512
<i>nk</i> Kemisk erhverv	484	6.722	5.525	1.664	544	1.283	21	9.037	15.759	16.243
<i>nq</i> Anden fremstilling	1.830	6.104	8.062	1.163	2.044	2.103	2.902	16.274	22.379	24.209
<i>ce</i> Cement	45	1.478	1.660	0	4.603	7.833	1.499	15.595	17.073	17.118
<i>st</i> Stål	2	441	1.427	9	0	19	0	1.455	1.897	1.899
<i>gl</i> Glas	50	532	1.302	17	0	23	0	1.342	1.874	1.924
<i>b</i> Bygge/anlæg	12.077	1.054	265	0	0	5.295	0	5.560	6.614	18.692
<i>qh</i> Handel	12.778	12.524	3.826	7.905	0	929	0	12.660	25.184	37.962
<i>qk</i> Kontorer	757	1.693	725	1.498	0	194	0	2.417	4.109	4.866
<i>qo</i> Hoteller	1.013	3.767	1.873	3.838	0	350	0	6.060	9.827	10.840
<i>qq</i> Andre tjenester	5.551	6.163	2.846	5.880	0	991	0	9.717	15.880	21.431
<i>qs</i> Søtransport	5.786	96	9	18	0	3.438	0	3.465	3.561	9.348
<i>ql</i> Luftransport	26.766	70	26	54	0	0	0	79	150	26.915
<i>qv</i> Landtransport	31.238	4.724	508	1.050	0	96	0	1.655	6.379	37.616
<i>qj</i> Jernbaner	28	824	8	17	0	3.137	0	3.163	3.987	4.015
<i>o</i> Offentlige tjenester	6.205	10.224	4.849	9.967	0	3.238	0	18.054	28.277	34.482
<i>c</i> Husholdninger	80.127	38.111	29.506	63.223	133	25.118	24.665	142.646	180.757	260.884
<i>dk</i> I alt	202.379	117.285	87.469	102.067	11.370	83.002	31.630	315.539	432.823	635.203

Anm.: Den inderste del af tabellen, dvs. matricen af 21 anvendelser x 7 typer summer til tallet i nederste højre hjørne. Rækkerne er grupperet i landbrugserhverv (*a**), fremstillingserhverv (*n**), de tre specielle erhverv (cement *ce*, stål *st* og glas *gl*), service (*qh*, *qk*, *qo* og *qq*), transporterhvervene (resten af *q**), offentlige tjenester (*o*) og husholdninger (*c*). Den sidste række er summen (*dk*). Søjlerne er transportenergi, el, gas, fjernvarme, kul, flydende brændstof og biomasse. Type *o* står for alt undtagen *t* og *e* og type *w* står for alt undtagen *t*. Type *z* er summen af de 7 energityper. Totalsummen 635.203 i 2005 afviger marginalt fra totalsummen i den tidligere EMMA-version. Dette skyldes, at nationalregnskaberhvervet 'Vandforsyning' er flyttet fra anden service (*qq*) til energiforsyning (*ne*-erhvervet). Energiforbruget i de tre "energierhverv" (*e*, *ne* og *ng*) er ikke med i tabellen, som skal opfattes som det såkaldt "endelige" energiforbrug.

Tabel 2.7. Oversigt over endeligt energiforbrug i EMMA (TJ i 2008)

	transp.	el	gas	fjernv.	kul	olie	bio	øvrig	ej transp.	alle
	<i>t</i>	<i>e</i>	<i>g</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>f</i>	<i>b</i>	<i>o</i>	<i>w</i>	<i>z</i>
<i>af</i> Fiskeri	6642	243	0	0	0	27	0	27	270	6911
<i>ag</i> Gartneri	256	1038	1167	1985	1844	1210	50	6256	7293	7549
<i>al</i> Landbrug	6560	5954	2707	10	259	20540	3472	26987	32941	39501
<i>nf</i> Nærings/nydelse	1832	7922	14753	993	1652	5670	569	23637	31560	33392
<i>nm</i> Maskiner	3168	8251	5008	2148	3	2706	328	10193	18444	21612
<i>nk</i> Kemisk erhverv	524	6322	5113	1161	0	1259	130	7662	13984	14508
<i>nq</i> Anden fremstilling	2063	6536	6940	1554	2005	2416	4440	17355	23892	25955
<i>ce</i> Cement	0	1496	1989	0	3927	7863	360	14139	15635	15687
<i>st</i> Stål	2	190	1635	2	0	16	0	1652	1843	1845
<i>gl</i> Glas	57	693	1297	55	0	24	0	1377	2070	2127
<i>b</i> Bygge/anlæg	14002	1363	330	0	0	5387	0	5717	7080	21082
<i>qh</i> Handel	14303	12263	3665	7742	0	879	0	12286	24548	38851
<i>qk</i> Kontorer	781	2036	716	1512	0	143	0	2371	4407	5188
<i>qo</i> Hoteller	1125	3833	1769	3713	0	337	0	5819	9652	10777
<i>qq</i> Andre tjenester	6219	5948	2860	6042	0	908	0	9810	15758	21978
<i>qs</i> Søtransport	6056	96	8	18	0	3875	0	3901	3997	10053
<i>ql</i> Luftransport	14805	27	25	52	0	0	0	76	103	14908
<i>qv</i> Landtransport	36636	5200	467	986	0	53	0	1506	6705	43341
<i>qj</i> Jernbaner	32	922	8	17	0	3199	0	3224	4146	4178
<i>o</i> Offentlige tjenester	5095	9851	4402	9256	0	2246	815	16718	26569	31665
<i>c</i> Husholdninger	77694	38419	26597	62016	5	19380	39370	147369	185788	263482
<i>dk</i> I alt	197904	118604	81456	99258	9696	78137	49534	318082	436686	634589.53

Anm.: Den inderste del af tabellen, dvs. matricen af 21 anvendelser x 7 typer summer til tallet i nederste højre hjørne. Rækkerne er grupperet i landbrugserhverv (*ax*), fremstillingserhverv (*nx*), de tre specielle erhverv (cement *ce*, stål *st* og glas *gl*), service (*qx*), transporterhvervene, offentlige tjenester (*o*) og husholdninger (*c*). Den sidste række er summen (*dk*). Søjlerne er transportenergi, el, gas, fjernvarme, kul, flydende brændstof og biomasse. Type *o* står for alt undtagen *t* og *e* og type *w* står for alt undtagen *t*. Type *z* er summen af de 7 energityper.

2.4.2 Estimationer af de enkelte erhverv

Som en første indikator for, om der overhovedet er substitution at finde mellem energitype e og o i et givet erhverv, er det forsøgt at lave en simpel OLS-estimation af log-forholdet mellem energiforbrugene og log-forholdet mellem energipriserne (samt en kvadratisk trend). Det skal nævnes, at der med en sådan estimation implicit pålægges den i afsnit 2.4.3 nævnte separabilitet mht. prisen på produktionsværdi. I den forstand er OLS-estimationen mere restriktiv end systemet eq. (2.14), men kan dog alligevel give en indikation af, om der er noget at hente i data.

Tabel 2.8 Oversigt over estimationsresultater

	Simpel OLS-estimation	Egenpris-elasticiteter		1. år/tilp		Graddage
	$-\sigma$	El	Øvrig	El	Øvrig	(Øvrig)
<i>al</i>	-0,15 (0,04)	-0,13	-0,13	0,53 / 0,66	0,58 / 0,75	0
<i>b</i>	-0,05 (0,10)	-0,16	-0,14	0,24 / 0,23	0,63 / 0,63	0,64
<i>nm</i>	0,05 (0,06)	-0,07	-0,21	0,30 / 0,50	0,24 / 0,30	0,41
<i>nk</i>	-0,00 (0,05)	0	0	0,07 / 0,27	0,47 / 0,31	0,15
<i>nq</i>	0,06 (0,06)	-0,24	-0,19	0,18 / 0,51	0,41 / 0,39	0,18
<i>nf</i>	-0,17 (0,04)	-0,11	-0,19	0,43 / 0,40	0,42 / 0,42	0,13
<i>qh</i>	0,39 (0,07)	0	0	0,39 / 0,37	0,87 / 1,02	0,49
<i>qq</i>	-0,06 (0,10)	-0,50	-0,20	0,58 / 0,71	0,72 / 0,92	0,45
<i>qk</i>	-0,15 (0,08)	-0,12	-0,12	0,26 / 0,27	0,36 / 0,78	0,30
<i>qo</i>	0,08 (0,07)	-0,21	-0,07	0,51 / 1,08	0,44 / 0,95	0,43
<i>o</i>	-0,11 (0,09)	-0,32	-0,30	0,52 / 0,92	0,52 / 0,80	0,21
Samlet		-0,15	-0,15			

Anm: Detaljerede resultater kan ses i bilag 2.

Resultatet af dette bliver som kan ses i anden søjle i tabel 2.7, hvor det bemærkes, at der vises substitutionselasticiteten med modsat fortegn – som så bør være negativ. I parentes er spredningen angivet. Det ses, at landbruget (*al*), byggeriet (*b*), fødevarer (*nf*), anden service (*qq*), kontorer (*qk*) og offentlig sektor (*o*) umiddelbart har det rigtige fortegn. For *al*, *nf*, og *qk* er tendensen til substitution mellem el og øvrig endda ret signifikant. I den anden ende af skalaen ser det ud fra en sådan simpel estimation ud til, at substitutionen er vanskelig at finde for *qh*, som har en meget stor og signifikant σ med forkert fortegn. For de resterende "forkerte" fortegn er dette fortegn ikke specielt velbestemt (eller stort for den sags skyld).

De estimerede erhverv udgjorde i 2005 ca. 89% af el-forbruget og 81% af forbruget af øvrig energi i erhvervene. At der ikke er tale om 100% skyldes forbruget af el og øvrig energi i fiskeri, gartneri, de tre specielle erhverv (cement, stål og glas) samt i de fire transporterhverv. Eksempelvis bruges der en hel del øvrig energi i gartnerier og cementindustri, jf. evt. tabel 5. Fiskeriet må nærmest siges at være et transporterhverv, da der stort set kun bruges transportenergi, dvs. at ikke-transportenergien ikke estimeres her. Gartneriernes substitution mellem el og øvrig energi er vanskelig at estimere, hvorfor dette ikke er forsøgt her.

Mht. de tre "specielle" fremstillingserhverv (*ce*, *st* og *gl*) vil man i fremskrivninger typisk sætte energiforbruget i disse eksogent, mens man i multiplikatoranalyser ønsker at deres energiforbrug reagerer på produktion og priser. Konkret er det i denne EMMA-version valgt at lade energiforbrugene i *ce* og *gl* følge de tilsvarende forbrug i *nq*-erhvervet, mens energiforbrugene i *st* følger de tilsvarende i *nm*-erhvervet.

Hvis der simuleres med den samlede EMMA kan der beregnes en samlet langsigtet egenpriselasticitet for EMMA's tyve ikke-energihverv på $-0,15$ for både el og øvrig energi.¹² Den samlede langsigtede egenpriselasticitet for el på ca. $-0,15$ for erhvervene samlet kan sammenlignes med ca. $-0,06$ i den tidligere EMMA-version, mens langsigtselasticiteten for øvrig energi på $-0,15$ er steget fra ca. $-0,11$ i den tidligere EMMA-version. Jf. evt. modelgruppepapiret SSO 02.03.07: *Oversigt over priselasticiteter i EMMA* vedr. elasticiteterne i den tidligere EMMA.

2.5 Analyse af struktur-effekter

Som det beskrives i afsnit 2.3, bestemmes efterspørgslen efter energi i de enkelte brancher af produktion, energipriser og et effektivitetsindeks/en trend. Da der i ligningerne er forudsat konstant skalaafkast udtrykker effektivitetsindekset/trenden den gennemsnitlige ændring i energi-koefficienten, som ikke kan forklares af ændringer i prisen på energi.

Som der kan læses mere om i afsnit 2.3.1 repræsenterer effektivitetsindekset/trenden således meget forskellige effekter, der samlet over observationsperioden giver en gennemsnitlig ændring i energikoefficienten. I dette afsnit fokuseres der på, hvad strukturændringer betyder for udviklingen i energikoefficienter i EMMA brancher. Med andre ord: Hvad betyder det for energikoefficienten, at vægtningen af undererhverv til EMMA-brancher ændres over tid? Strukturændringer bidrager til ændringer i en EMMA-branches energikoefficient, hvis både energikoefficienterne i underbrancher er forskellige og vægtningen af de enkelte underbrancher ændres over tid. Indeholder en EMMA-branche udelukkende underbrancher med samme energikoefficienter (energimæssigt homogene underbrancher), eller udgør underbrancherne over tid en konstant andel af EMMA-branchen (der sker ikke strukturændringer), bidrager strukturændringer ikke til ændringer i den samlede EMMA-branches energi-koefficient. Strukturændringer øger den samlede EMMA-branches energikoefficient, hvis vægtningen af underbrancher med relativt høje energikoefficienter øges, og omvendt hvis denne andel reduceres. Det skal bemærkes, at der i denne fortolkning af strukturændringer kun tages højde for en ændret vægtning af nationalregnskabsbrancher i EMMA-brancher. Ændret energi-forbrug i de enkelte nationalregnskabsbrancher fortolkes som ændret energieffektivitet, selv om dette evt. dækker over, at produktmixet ændres til produkter med et andet energiindhold.

2.5.1 Beregning af struktur-effekter i EMMA brancher

Som nævnt fortolkes struktur-effekter i EMMA som den energimæssige betydning af en ændret produktionssammensætning. For at beregne dette, fastholdes energikoefficienterne i underliggende nationalregnskabsbrancher og en struktur-energi-koefficient på EMMA-brancheniveauet beregnes ved at vægte de faste energikoefficienter med udviklingen i produktionsandelene for de enkelte nationalregnskabsbrancher. Øges produktionsandelen for de relativt energitunge underbrancher, øges struktur-energi-koefficienten i EMMA-branchen. Struktur-energi-koefficienter kan beregnes med fast basisår eller som kædeindeks. I dette afsnit er det valgt at vise beregninger med både fast basisår og kædeindeks.

Forudsættes fast basisår kan struktur-energi-koefficienten beregnes som:

$$ekS_t^{br} = \left[\sum_{i \in br} ek_{t_0}^i * sh_t^i \right] * cor_t^{br} \quad \text{hvor} \quad cor_t^{br} = \left[\sum_{i \in br} fq_t^i \right] / fqx_t^{br} \quad \text{eq. (2.19)}$$

¹² Mere specifikt effekten på $qJex$ og $qJox$.

hvor ekS_t^{br} er struktur-energikoefficienten i en EMMA-branche (br)
 $ek_{t_0}^i$ er energikoefficienten i nationalregnskabsbranche i i basis år t_0
 sh_t^i er produktionsandelen i nationalregnskabsbranche i i fht. produktionen i EMMA-branchen, beregnet som $f_{q_t}^i / \sum_{i \in br} f_{q_t}^i$
 cor_t^{br} er en korrektion, der er nødvendig, fordi produktionen i underbrancher ikke summer til produktionen i den aggregerede EMMA-branche, når der arbejdes med kædeindekserede data.

Den gennemsnitlige årlige %-vise ændring i struktur-energikoefficienten beregnes som:

$$t\%^{br} = \left[(ekS_{2003}^{br} / ekS_{1975}^{br})^{(1/28)} - 1 \right] * 100 \quad \text{eq. (2.20)}$$

Afhængig af hvilket basisår (t_0) der vælges, kan struktur-energikoefficienten udvikle sig meget forskellig, da basisårets energikoefficienter anvendes som en fast vægtning af udviklingen i produktionsandelene. Hvis energikoefficienterne ændres over tid, ændres vægtningen af produktionsudviklingen afhængig af det valgte basisår.

For at undgå dette problem kan struktur-effekten alternative beregnes som et kædeindeks, hvor der anvendes løbende energikoefficienter som vægte. Matematisk kan dette formuleres som:

$$dekS_t^{br} = \left[\sum_{i \in br} ((ek_t^i + ek_{t-1}^i) / 2) * sh_t^i \right] / \left[\sum_{i \in br} ((ek_t^i + ek_{t-1}^i) / 2) * sh_{t-1}^i \right] \quad \text{eq. (2.21)}$$

$$NekS_t^{br} = NekS_{t-1}^{br} * dekS_t^{br} \quad \text{hvor} \quad NekS_{1975}^{br} \equiv 1.0 \quad \text{eq. (2.22)}$$

$$t\%^{br} = \left[(NekS_{2003}^{br} / NekS_{1975}^{br})^{(1/28)} - 1 \right] * 100 \quad \text{eq. (2.23)}$$

hvor eq. (2.21) udtrykker den strukturrelaterede ændring i energikoefficienten i år t . Ligning (2.22) akkumulerer struktur-effekten over tid (normeret til 1 i startåret), og eq. (2.23) blot beregner den gennemsnitlige årlige %-ændring i energikoefficienten relateret til strukturændringer. Udover at kædeindeks ikke er afhængig af basisår, da et sådant ikke defineres, er et yderligere argument for at anvende kædeindeks i beregningen af struktur-effekter, at EMMA's ligninger estimeres på produktionsværdier i kædeindeks; dvs. at trende/effektivitetsindeks i EMMA implicit inkluderer struktur-effekter beregnet i kædeindeks.

Den årlige ændring i struktur-energikoefficienten for el er vist i tabel 2.8. For anden energi er betydningen af strukturudviklingen vist i tabel 2.9. De første tre kolonner af tabel 2.8 viser en "fastkoefficient"-beregning på basis af eq.(2.19) og eq. (2.20) med forskellige basisår, og kolonne 4 viste en beregning ud fra kædeindeks. Kolonne 5 viser de seneste 10 års udvikling i kædeindeksberegningen. Som det ses af tabel 2.8, betyder basisåret i "fastkoefficient"-beregningen meget for vurderingen af struktur-effekten. Pointen er, at el-koefficienten ændres meget betydeligt specielt mellem år 1975 og 2000. F.eks. ændres indholdet i nationalregnskabsbranche 722000 "Levering af programmel og konsulentbistand i forbindelse med software" (del af EMMA-branche qk) sig betydeligt fra at være en branche, der leverer

edb-kørsler til at være en branche, der ligner andre konsulent-erhverv, og el-koefficienten reduceres fra at være en el-intensiv branche til en "normal"-kontorbranche. Samtidigt tidobles branchens vægt i EMMA-branchen. Som det ses af tabel 2.8 betyder dette, at hvis el-koefficienten holdes fast på 1975-niveauet, bliver struktur-effekten for *qk*-erhvervet en gennemsnitlig %-stigning i el-koefficienten på 3.3% p.a. Hvis el-koefficienten fastholdes på 2003-niveauet, er koefficienten for nationalregnskabsbranche 722000 lavere end gennemsnittet for *qk*-erhvervet, og struktur-effekten er en svagt faldende el-koefficient.

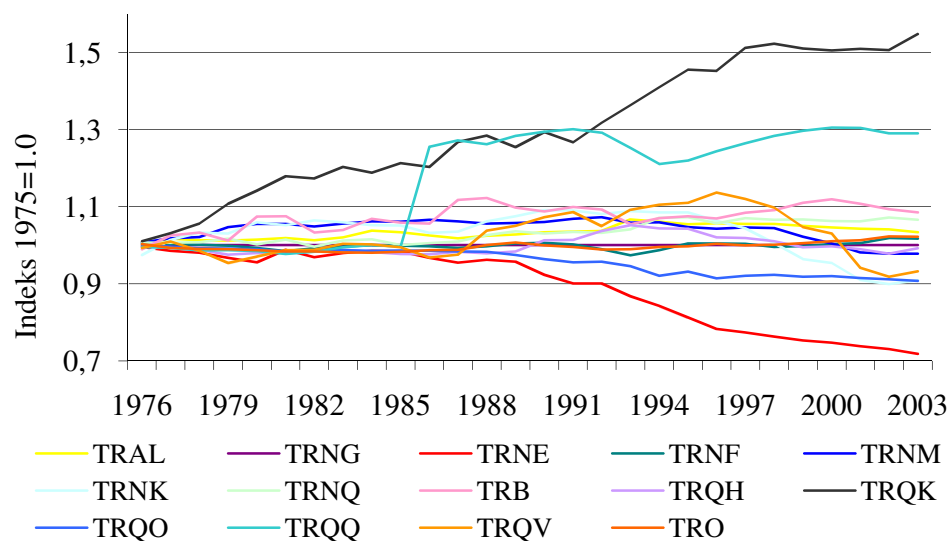
Kolonne 4 og 5 i tabel 2.8 viser den gennemsnitlige årlige struktur-effekt beregnet vha. kædeindeks for hhv. hele observationsperioden og for de sidste 10 år. Er tallene i de 2 kolonner ens, indikerer dette, at udviklingen har været forholdsvis jævn, mens forskelle afspejler en ændret udvikling. Generelt synes udviklingen at være relativt jævn, dog er der en tendens til, at struktur-udviklingen de seneste 10 år har været mere el-besparende end i gennemsnit for hele observationsperioden.

Tabel 2.9 Årlig %-ændring i el-koefficient ved fastholdt koefficient i underbrancher

Erhverv	El			Kæder observations- periode	Kæder sidste 10 år
	Basis 1975	Basis 2000	Basis 2003		
<i>af</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>ag</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>al</i>	0,0124	-0,1029	-0,1014	0,1190	-0,3100
<i>e</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>ng</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>ne</i>	0,0520	-2,5985	-2,7097	-1,1788	-1,8803
<i>nf</i>	0,0975	-0,1500	-0,2932	0,0584	0,4276
<i>nm</i>	0,4884	-0,4489	-0,3269	-0,0811	-0,7909
<i>st</i>	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>nk</i>	-0,0053	-0,7805	-0,9774	-0,3413	-1,7886
<i>nq</i>	0,2794	0,2596	0,1623	0,2288	0,2401
<i>ce</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>gl</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>b</i>	0,6268	-0,4396	-0,3365	0,2912	0,2892
<i>qh</i>	-0,1280	-0,4285	-0,4897	-0,0282	-0,5850
<i>qk</i>	3,2788	-0,0184	-0,2428	1,5721	1,2770
<i>qo</i>	-0,2157	-0,3061	-0,1947	-0,3461	-0,4103
<i>qq</i> ¹⁾	1,5204	0,7474	0,8386	0,9136	0,3003
<i>ql</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>qs</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>qv</i>	-0,1393	-1,0138	-1,0874	-0,2514	-1,5691
<i>o</i>	0,1546	0,1263	0,1373	0,0788	0,3281

Anm.: *qq* er påvirket af, at produktionen i nationalregnskabsbranche 900010, "kloaker og rensningsanlæg" femdobles i 1986 uden at energiforbruget ændres.

Figur 2.8. Trende i kædeindeks for alle erhverv (elforbrug)

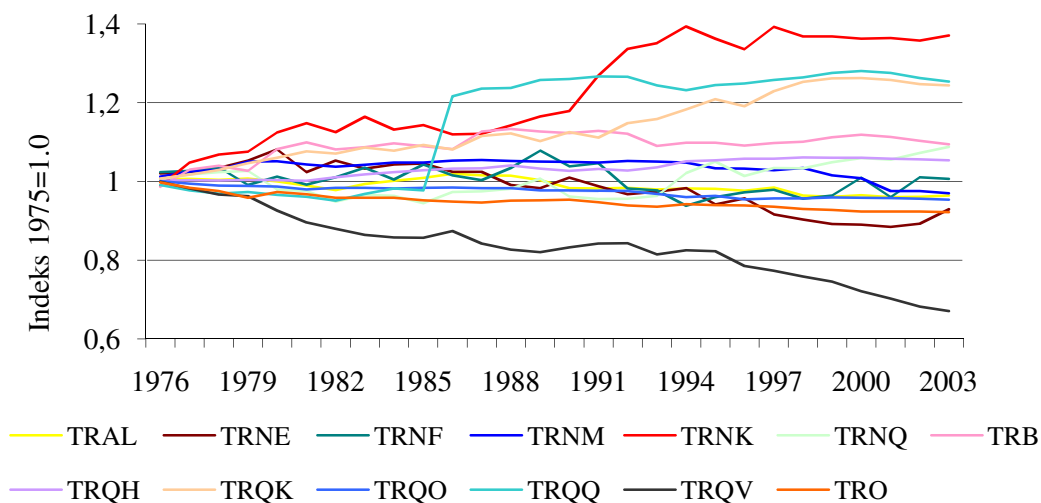


Tabel 2.9 viser kvalitativt de samme konklusioner for anden energi som tabel 2.8 viser for el. Dvs. at størrelsen af den opgjorte struktur-effekt i fastbasis-beregningen afhænger betydeligt af det valgte basisår, og i kædeindeksberegningerne er den energibesparende effekt de seneste 10 år generelt større end gennemsnittet for hele observationsperioden. To betydelige undtagelser er *nf*-erhvervet, hvor trend-effekten fluktuerer afhængigt af valgte start-/slutår for sammen-ligningen (bør i realiteten være 0,0) og *nq*-erhvervet, hvor struktur-energikoefficienten aftager i perioden 1975 til 1994 og derefter stiger.

Tabel 2.10 Årlig %-ændring i koefficient for anden energi ved fastholdt koefficient i underbrancher

Erhverv	EI				
	Basis 1975	Basis 2000	Basis 2003	Kæder observations- periode	Kæder sidste 10 år
<i>af</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>ag</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>al</i>	-0,3104	-0,3705	-0,2469	-0,1302	-0,1609
<i>e</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>ng</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>ne</i>	-0,0901	-0,8212	-0,7960	-0,2621	-0,4731
<i>nf</i>	-0,0423	-0,2749	-0,6249	0,0242	0,2966
<i>nm</i>	-0,2587	-0,4067	-0,4794	-0,1086	-0,7945
<i>st</i>	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00
<i>nk</i>	0,5661	0,2504	-0,4530	1,1335	0,1471
<i>nq</i>	-0,4559	0,3130	0,1650	0,3019	1,2246
<i>ce</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>gl</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>b</i>	0,5989	-0,3229	-0,2821	0,3238	0,0387
<i>qh</i>	0,1166	-0,2658	-0,3657	0,1870	0,1704
<i>qk</i>	1,7761	-0,3335	-0,2702	0,7822	0,7082
<i>qo</i>	-0,2726	-0,0965	-0,1994	-0,1699	-0,1589
<i>qq</i> ¹⁾	1,1599	0,5318	0,5705	0,8106	0,0747
<i>ql</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>qs</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<i>qv</i>	-0,8767	-1,5497	-1,6376	-1,4173	-1,9322
<i>o</i>	-0,3121	-0,1297	-0,1142	-0,2909	-0,1567

Anm.: *qq* er påvirket af, at produktionen i nationalregnskabsbranche 123 femdobles i 1986, uden at energiforbruget ændres.

Figur 2.9 Trende i kædeindeks for alle erhverv (øvrig energiforbrug)

2.5.2 Fremskrivning af struktur-effekter og trende

Til fremskrivninger foreslås, at struktur-effekter fremskrives ud fra de seneste 10 års udvikling i kædeindekset. Da der i estimationen implicit er inkluderet strukturændringer svarende til kædeindekset for hele perioden, skal der ved en fortsættelse af de historiske trende, dvs. historiske strukturændringer og tekniske ændringer, fremskrives med følgende:

Estimeret trend – kædeindekset for hele perioden + kædeindekset for de sidste 10 år.

Alternativt, hvis der er et eksogent bud på tekniske ændringer, fremskrives trende med kædeindekset for de seneste 10 år plus de eksogent vurderede tekniske ændringer. Det skal i denne forbindelse nævnes, at de eksogent vurderede tekniske ændringer udover rene tekniske ændringer også inkluderer adfærdsændringer, institutionelle/lovgivningsmæssige ændringer samt evt. skalaeffekter og udeladte forklarende variabler. Se evt. afsnit 2.3.1.

3. Husholdningernes energiforbrug

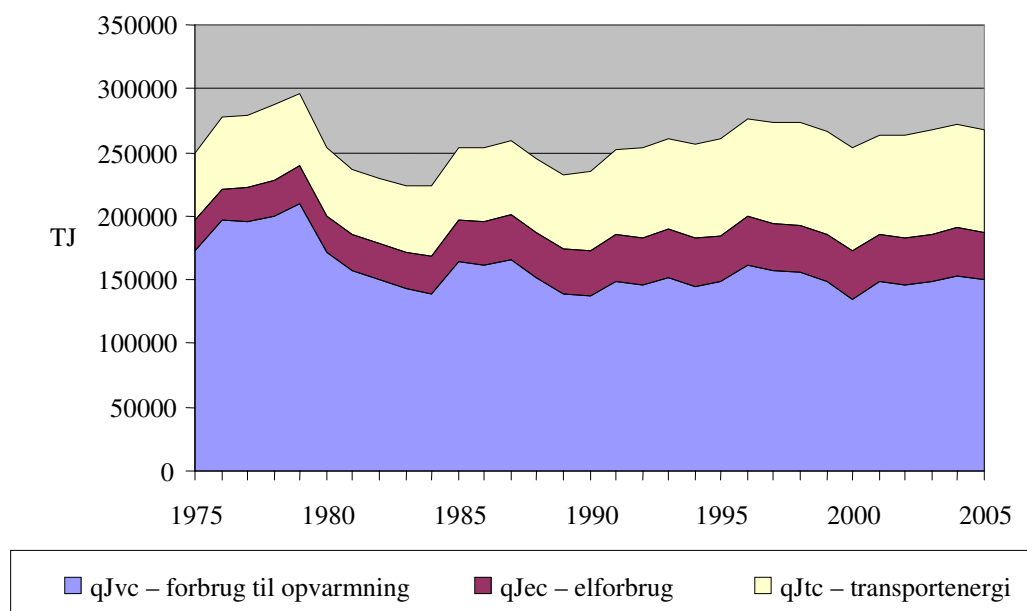
Husholdningernes energiforbrug udgør ca. $\frac{1}{3}$ af det samlede danske bruttoenergiforbrug, hvorfor husholdningernes adfærd samt effektiviteten i husholdningernes anvendelse af energi er væsentlig for det samlede danske energiforbrug. Overordnet set anvender husholdningerne energi til tilfredsstillelse af tre behov: Opvarmning af boliger, El til drift af husholdningsapparater og lys, og Transport. Modellen indeholder adfærdsrelationer til bestemmelse af energiforbruget inden for hvert af disse energibehov, men i dette kapitel beskrives kun forbrugene til opvarmning samt el til drift af apparater og lys. Transportenergiforbruget beskrives i kapitel 4. Modellen indeholder to modeller for husholdningernes el-forbrug – en apparat- og en husstandsmodellen, der beskrives i hhv. afsnit 3.3.1 og 3.3.2.

3.1 Udviklingen i husholdningernes energiforbrug

Figur 3.1 viser udviklingen i husholdningernes energiforbrug i perioden 1975 til 2005. Af husholdningernes totale energiforbrug udgør forbruget til opvarmning i 2005 ca. 55%, el-forbruget udgør ca. 15% og transportenergiforbruget ca. 30%. Som det ses af figuren, faldt forbruget til opvarmning betydeligt de første 10 år af observationsperioden, hvorefter forbruget (bortset fra årlige klimavariationer) har været relativt konstant. Også el-forbruget steg pænt i begyndelsen af observationsperioden, men de seneste år har stigningen være meget moderat. Forbruget til transport er steget ganske betydeligt siden 1975, specielt steg forbruget meget kraftigt i perioden 1980 til 2000, mens husholdningerne de seneste par år har haft et næsten konstant forbrug til transport.

Figur 3.1. Husholdningernes energiforbrug

Figur 3.1 Husholdningernes energiforbrug



Generelt kan den langsigtede adfærdsligning skrives som:

$$E^* \cdot e = f\left(N, \frac{P_E/e}{P}, G\right) \quad \text{eq. (3.1)}$$

Hvor E^* er det langsigtede forbrug af energi til hhv. opvarmning og el til drift af apparater og lys, e er et effektivitetsindeks, N er en "aktivitetsvariabel", der alt andet lige bestemmer niveauet for efterspørgslen og dækker over forskellige variabler i relationerne for de 2 anvendelsesområder, P er prisen for det samlede forbrug, P_E er prisen på det pågældende energiforbrug, og G er en klimakorrektionsfaktor.

For opvarmning modelleres husholdningernes energiforbrug v.hj.a. én aggregeret ligning, men for forbruget af el til drift af apparater indeholder EMMA to alternative modeller, der bestemmer forbruget ud fra en underopdeling på hhv. el-forbrugende apparater ("apparatmodellen") og typer af husstande ("husstandsmodellen"). Apparatmodellen er udviklet med udgangspunkt i data fra den såkaldte Elmodel-Bolig, mens husstandsmodellen er udviklet på basis af elværksstatistikens opdeling af forbruget på typer af husstande. Per default kører EMMA med apparatmodellen slået til.

Som det fremgår af langsigtsrelationen, formuleres modellen i effektivitetskorrigerede enheder, hvor både energiforbrug og -pris er korrigeret med effektiviteten i energiudnyttelsen. Baggrunden for denne formulering er, at forbrugerne ikke har nytte af energiforbrug i sig selv, men af effekten i form af opvarmning, drift af apparater og transport. I praksis formuleres langsigtsligningen i logaritmer og effektivitetsindekset som et 2. grads polynomium i tid, dvs. ligning eq. (3.1) formuleres som:

$$\log(E^*) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log(N) + \alpha_2 \cdot \log\left(\frac{P_E}{P}\right) + \alpha_3 \cdot \log(G) - (1 - \alpha_2) \cdot \log(dt) \quad \text{eq. (3.2)}$$

hvor $\log(dt)$ er et 2. grads polynomium i tiden t , dvs. $\log(dt) = \omega_1 \cdot t + \omega_2 \cdot t^2$.

EMMA har en del forskellige variabler i relation til husholdningernes energiforbrug til el og varme. Sammenhænge og afgrænsningen af de forskellige variabler er illustreret i figur 3.2

Figur 3.2. Husholdningernes el- og varmeforbrug i 2005 (TJ)

<i>qJoc</i> 142.646					<i>qJec</i> 38.111			
<i>qJgc</i> 29.507	<i>qJhc</i> 63.223	<i>qJsc</i> 133	<i>qJfc</i> 25.118	<i>qJbc</i> 24.665	<i>qJevc</i> 6.951	<i>qJexc</i> 25.214	<i>qJepcc</i> 1.114	<i>qJedc</i> 4.831
<i>qJvc</i> 149.597					<i>qJexc</i> 31.160			

qJevc = Elforbrug til opvarming
qJexc = Husholdningers elforbrug uden diverse, pc og opvarming
qJepcc = Elforbrug til pc
qJedc = Elforbrug til diverse

Systemet kompliceres af, at der går en del el-forbrug til direkte opvarmning (elradiatorer, varmeblæsere, varmepumper mv.), hvorfor en del af el-forbruget skal indregnes under opvarmning og trækkes ud af det “normale” apparat-elforbrug. Desuden opdeles apparat-elforbruget i tre underdele: pc'er ($qJepcc$), diverse ($qJedc$) og en restgruppe ($qJexc$). Lægges disse tre el-opvarmningsforbruget til $qJevc$, fås det samlede el-forbrug for husholdninger, $qJec$. Husholdningernes samlede varmeforbrug (inkl. el-varme) i EMMA hedder $qJvc$, mens el-forbruget (eksklusive el-varme) hedder $qJexc$.

3.2 Energiforbrug til opvarmning

Udgangspunktet for modelleringen af husholdningernes energiforbrug til opvarmning er dels en overordnet beskrivelse af den fysiske varmebalance for boliger og dels en adfærdsmæssig beskrivelse af udviklingen i opvarmningsbehovet.

Det totale varmebehov i en bolig udgøres af varmetab gennem klimaskærmen (vægge, vinduer, tag osv.), tab via luftskifte og tab via varmt brugsvand set ud fra den fysiske varmebalance i en bolig. Dette dækkes af bidrag fra solindfald, personvarme, overskudsvarme fra apparaters el-forbrug samt endelig boligens opvarmningsystem.

I modelmæssig/fremskrivningsmæssig sammenhæng er den interessante variabel brændselsforbruget i boligens opvarmningsystem, hvilket der findes statistiske oplysninger om. Adfærdsmæssigt er det imidlertid opvarmningsbehovet, der er den interessante variabel. Antages solindfald og personvarme (som er gratis varme) at være relativt konstant, kan ligningen for husholdningernes varmeforbrug skrives som:

$$\log(qJvc1w) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log(khm2) + \alpha_2 \cdot \log\left(\frac{pqjvc}{pcpuxh}\right) + \alpha_3 \cdot \log(klima) - (1 + \alpha_2) \cdot \log(dtqjvc1)$$

eq. (3.3)

hvor $qJvc1w$ er det ønskede (w for “wanted”) brændselsforbrug i opvarmningssystemet, inklusive det “forbrug” som kommer af varmeudviklingen fra el-apparater. Variablen $qJvc1$ er defineret på følgende måde:

$$qjvc1 = qjvc + (227/365 * 0.75) * qjexc$$

eq. (3.4)

hvor $qJexc$ er forbruget af el til andet end opvarmning. Mht. koefficienten 0,75 antages det, at tre fjerdedele af overskudsvarmen fra el-apparater i opvarmnings sæsonen nyttiggøres som rumopvarmning. Opvarmnings sæsonen antages at være 227 dage/året.

Variablen $klima$ i eq. (3.3) er en graddagskorrektur for den del af opvarmningsforbruget, der anvendes til rumopvarmning (dvs. ekskl. den del der bruges til varmt vand). Jf. oversigten vedrørende variabeldefinitioner i ovenstående figur 3.2. Højresiden kan opfattes som opvarmningsbehovet, som er afhængigt af boligarealet, den relative pris på energi samt effektiviteten i udnyttelsen af energi. Variabelmæssigt er $khm2$ boligarealet i 1000 m², $pqjvc$ er husholdningernes varmepris i kr/TJ, $pcpuxh$ er prisen på det samlede privatforbrug ekskl. boligydelse, og $dtqjvc1$ er effektiviteten i udnyttelsen af energi.

Denne ligning overlejes med fejlkorrekturstilpasning, så $qJvc1$ tilpasser sig $qJvc1w$ med en førsteårseffekt ν og tilpasningshastighed γ . Ligningen er estimeret på data for perioden 1976-2005, og estimations-resultaterne er vist i tabel 3.1.

Tabel 3.1. Estimationsresultater for husholdningernes energiforbrug til opvarmning

	Fortolkning	Estimat	Spredning
α_0	Konstantled	-1.11425	0,092939
α_1	Langsigteffekt, khm ²	1.0	bundet
α_2	Priselasticitet, langt sigt	-0,365003	0,051862
α_3	Klimakorrektion	-1.0	bundet
ν	Førsteårseffekt	0,400743	0,177323
γ	Tilpasningshastighed	0,735460	0,182367
ω_1	Trendparameter, t	-0,564866E-02	0,328360E-02
ω_2	Trendparameter, t ²	-0,751308E-03	0,154307E-03

Estimationsperiode: 1976-2005 s = 0,026 R² = 0,95 DW = 1,94

Som det ses af resultaterne i tabel 3.1, er koefficienten til boligarealet bundet til 1, dvs. at en 1% stigning i boligarealet på langt sigt medfører en 1% stigning i energiforbruget til opvarmning. Den langsigtede priselasticitet er estimeret til $-0,37$. Effektivitetsudviklingen i opvarmningsforbruget er estimeret til ca. 2,5% i 1980 faldende til $-1,2\%$ i 2005. Det har været forsøgt at estimere koefficienten til *klima* frit. Resultatet er noget større (numerisk) end -1 , men -1 kan ikke afvises og bibeholdes derfor.

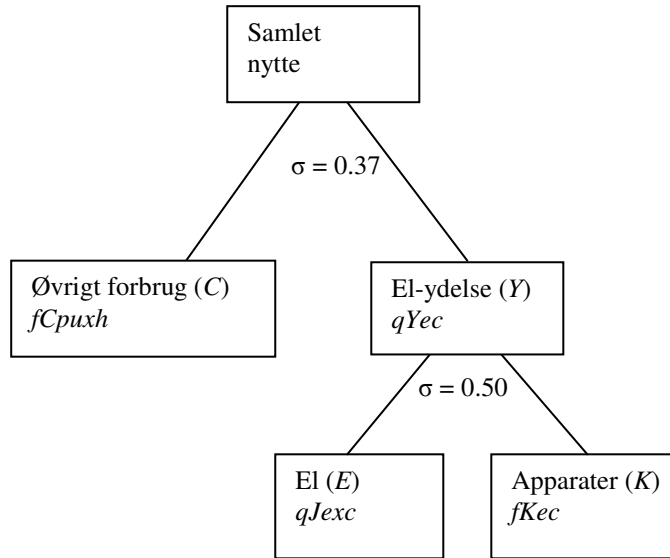
Det har også været forsøgt at tillade friere førsteårseffekter, dvs. at priseffekterne kunne være forskellige fra effekterne fra kvadratmetrene. Dette synes dog ikke at være tilfældet, så den simple tilpasningsform bibeholdes. I denne model vil en 1%-stigning i kvadratmetrene således ikke slå ud i 1% større opvarmningsforbrug i det første år, men under alle omstændigheder burde det overvejes, om der kan skelnes mellem “nye” og “gamle” boligkvadratmeter, idet en helt ny boligkvadratmeter typisk har et lavt opvarmningsbehov sammenlignet med den eksisterende boligmasse.

Modelmæssigt fungerer systemet på den måde, at $qJvc1$ (det ikke-klimakorrigerede opvarmningsbehov) bestemmes først, og at $qJvc$ derefter bestemmes ved at løse eq. (3.4) for denne (og antage $qJexvc$ givet). Eksempelvis vil der gælde i dette system, at hvis variabelen *klima* stiger med 1% (svarende til, at det bliver varmere) vil det ikke-klimakorrigerede opvarmningsbehov $qJvc1$ falde med 1%. Givet at $qJexvc$ antages at være upåvirket af klimaet, kan $qJvc$ således falde med mere end 1%, for at $qJvc1$ kan falde med 1%.

3.3 Husholdningernes el-forbrug

3.3.1 Apparatmodel

I de seneste par EMMA-versioner har husholdningernes el-forbrug været bestemt sammen med el-apparatforbruget. Det giver mulighed for, at husholdningerne kan efterspørge en “el-ydelse”, som skal forstås som en kombination af el og apparater. Hvis et nyt A-mærket køleskab f.eks. leverer den samme køleydelse med et mindre el-forbrug end det gamle køleskab, vil forbrugeren ikke opleve noget nyttetab som følge af det reducerede el-forbrug. Denne formulering åbner op for, at der kan substitueres mellem el-forbrug og apparatforbrug, og at det er aggregatet/ydelsen af disse (og ikke el- og apparatforbruget som sådan), som giver nytten og substituerer med de andre forbrugskomponenter, jf. følgende figur:

Figur 3.3. El-apparatmodellen i EMMA

I den forrige version af EMMA var el og apparater komplementære, forstået på den måde, at substitutionen mellem el og apparater var mindre end mellem el-ydelse og øvrigt forbrug. Dette er dog ikke tilfældet længere, som det ses i figuren ovenfor.

Efterspørgslen efter el-ydelse formuleres som en almindelig CES-ligning, hvor forholdet mellem el-ydelsesforbrug og andet forbrug afhænger af de relative priser på disse.

$$\log(Y^*/C^*) = -\sigma_2 \cdot \log\left(\frac{P_Y}{P_C}\right) + \sigma_2 \cdot \log(\delta_2) \quad \text{eq. (3.5)}$$

Det sidste led kan bare opfattes som et konstantled. Da C^* antages at være kendt på forhånd (fra ADAM), kan forbruget af el-ydelser (Y^*) nemt bestemmes ud fra ligningen. På det næste nestingsniveau bestemmes E^* og K^* ud fra følgende CES-ligninger:

$$\log(E^*) = \log(Y^*) - \sigma_1 \cdot \log\left(\frac{P_E}{P_Y}\right) + \sigma_1 \cdot \log(\delta_1) \quad \text{eq. (3.6)}$$

$$\log(K^*) = \log(Y^*) - \sigma_1 \cdot \log\left(\frac{P_K}{P_Y}\right) + \sigma_1 \cdot \log(1 - \delta_1) \quad \text{eq. (3.7)}$$

hvor de sidste led i de to ligninger kan opfattes som konstantled, og hvor P_Y er et CES-prisindeks, som aggregerer de to priser P_E og P_K :

$$P_Y = \left(\delta_1^{\sigma_1} \cdot P_E^{1-\sigma_1} + (1 - \delta_1)^{\sigma_1} \cdot P_K^{1-\sigma_1}\right)^{\frac{1}{1-\sigma_1}} \quad \text{eq. (3.8)}$$

Hvis eq. (3.5) og (3.8) indsættes i eq. (3.6) og (3.7) fås et estimerbart system af ligninger for E^* og K^* , som kun afhænger af P_E , P_K og C^* samt de indgående parametre. Som udtryk for C^* bruges ADAMs samlede forbrug eksklusive boligforbrug, $fCpuxh$. Strengt taget burde forbrug af el og el-apparater være trukket fra dette, men det er så småt i sammenligning, at denne korrektion er uden betydning. Med kun eq. (3.5) indsat i eq. (3.6) og (3.7) fås følgende system:

$$\begin{aligned} \log(E^*) &= \log(C^*) - \sigma_1 \cdot \log\left(\frac{P_E}{P_Y}\right) - \sigma_2 \cdot \log\left(\frac{P_Y}{P_C}\right) + \sigma_1 \cdot \log(\delta_1) + \sigma_2 \cdot \log(\delta_2) \\ \log(K^*) &= \log(C^*) - \sigma_1 \cdot \log\left(\frac{P_K}{P_Y}\right) - \sigma_2 \cdot \log\left(\frac{P_Y}{P_C}\right) + \sigma_1 \cdot \log(1 - \delta_1) + \sigma_2 \cdot \log(1 - \delta_2) \end{aligned}$$

eq. (3.9)

hvor P_Y altså er givet fra eq. (3.8). Om P_Y gælder, at det approksimativt stiger med $s_E\%$, når P_E stiger med 1%, hvor $s_E\%$ er el-forbrugets omkostningsandel i forhold til apparatforbruget. Ganske analogt stiger P_Y med $s_K\% = (1 - s_E)\%$, når P_K stiger med 1%. I eq. (3.9) kan det f.eks. ses, at en el-prisstigning på 1% har en umiddelbart negativ virkning på $-\sigma_1\%$ for givet P_Y . Den indirekte effekt via P_Y beløber sig samlet set til $s_E(\sigma_1 - \sigma_2)\%$. Givet de estimerede $\sigma_1 = 0,50$ og $\sigma_2 = 0,37$ og givet, at s_E ligger omkring ca. 0,62, bliver den samlede effekt af en stigning i el-prisen på 1%, at el-forbruget falder med ca. $-0,50 + 0,62(0,50 - 0,37) = -0,50 + 0,08 = -0,42\%$.

Tabel 3.2. Oversigt over variabelnavne vedr. el- og apparatefterspørgsel

	Navn ovenfor	EMMA-navn	Trendvariabel
Elpris	P_E	$pqjec$	
Apparatpris	P_K	$pkec$	
Elydelsespris	P_Y	$pwemc$	
Forbrugerpris	P_C	$pcpuxh$	
El	E	$qJexc$	$dtqjexc$
Apparater	K	$fKec$	$dtfkeec$
Elydelse	Y	$qYec$	$dtqy$
Samlet forbrug	C	$fCpuxh$	

Anm.: El-lydelsen og prisen på denne bruges kun implicit i modellen og kan derfor opfattes som tabelvariabler. Trenden for el-lydelse ($dtqy$) er et vægtet gennemsnit af trenderne på el og apparater og er også en tabelvariabel.

For at håndtere teknologiske fremskridt opereres der for både el- og apparatforbruget med effektivitetsindeks, som kaldes e_E og e_K . Disse tilsættes i CES-prisindekset i eq. (3.8) ved at blive divideret op i de to priser og i efterspørgsels-ligningerne ved at dividere højresiden for f.eks. E^* med e_E og derefter dividere de to priser med e_E og e_K . Det giver følgende system:

$$P_Y = \left[\delta_1^{\sigma_1} \cdot \left(\frac{P_E}{e_E}\right)^{1-\sigma_1} + (1 - \delta_1)^{\sigma_1} \cdot \left(\frac{P_K}{e_K}\right)^{1-\sigma_1} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_1}}$$

$$\log(E^*) = \log(C^*) - \sigma_1 \cdot \log\left(\frac{P_E}{P_Y}\right) - \sigma_2 \cdot \log\left(\frac{P_Y}{P_C}\right) - (1 - \sigma_1) \cdot \log(e_E) + \sigma_1 \cdot \log(\delta_1) + \sigma_2 \cdot \log(\delta_2)$$

$$\log(K^*) = \log(C^*) - \sigma_1 \cdot \log\left(\frac{P_K}{P_Y}\right) - \sigma_2 \cdot \log\left(\frac{P_Y}{P_C}\right) - (1 - \sigma_1) \cdot \log(e_K) + (1 - \delta_1) + \sigma_2 \cdot \log(1 - \delta_2)$$

eq. (3.10)

Kortsigtdynamikken i ligningerne er formuleret fuldstændigt som skitseret i afsnit 2.2, dvs.:

$$D\log(E) = v_1 \cdot D\log(E^*) + c_1 \cdot [\log(E^*)_{-1} - \log(E)_{-1}]$$

$$D\log(K) = v_2 \cdot D\log(K^*) + c_2 \cdot [\log(K^*)_{-1} - \log(K)_{-1}]$$

Data for el-forbruget er *qJexc* og *pqjiec*, dvs. det samlede el-forbrug minus el til opvarmning og den generelle el-pris for husholdninger. Kapitalapparatet og usercost for dette er konstrueret ud fra apparat-bestande, jf. evt. modelgruppepapiret DGR 20.10.02: *Husholdningernes køb og bestand af elapparater i EMMA*.

Tabel 3.3. Estimationsresultat

	Parameter	Estimat	Spredning
Subst. E / K	σ_1	0,498835	0,178345
Subst. Y / C	σ_2	0,374325	0,224977
E-eff. lineær	ω_{E1}	0,022448	0,851295E-02
E-eff. kvadr	ω_{E2}	0,884057E-03	0,562247E-03
K-eff. lineær	ω_{K1}	-0,024195	0,587912E-02
K-eff. kvadr.	ω_{K2}	-0,949260E-03	0,445460E-03
E førsteårseffekt	v_1	0,458573	0,134992
E fejlkorrektio	c_1	0,30	bundet
K førsteårseffekt	v_2	0,266664	0,108126
K fejlkorrektio	c_2	0,272727	0,064548
Konstantled	δ_1	0,661484	0,077925
Konstantled	k_2	-3,24696	0,033589

n = 1976-2005, s = 0,026 / 0,013, DW = 2,17 / 1,90

Anm.: $k_2 = \sigma_2 \cdot \log(\delta_2)$, som blot er en omparametrisering.

Hvis der estimeres i to trin fås fejlkorrektionsparametre for el og apparater på hhv. 0,26 og 0,20. For at få algoritmen til at konvergere bindes disse derfor til hhv. 0,30 og 0,20, hvilket ikke er i modstrid med data. Effektivitetstrenden for el bliver ca. -1,3% i 1980, der stiger til 2,3% i 2005, mens effektivitetstrenden for apparater bliver ca. 1,4% i 1980, faldende til -3,6% i 2005.

I to trin bliver fejlkorrektionsparametrene for el og apparater omkring 0,50, mens de frit estimeret bliver hhv. 0,15 og 0,26 med spredninger på hhv. 0,09 og 0,07. Det vurderes, at en tilpasningshastighed for el på 0,15 er i underkanten – også set i lyset af, at tottrins-estimationen peger på noget større. Parameteren sættes derfor til 0,30, hvilket ikke kan afvises statistisk set.

3.3.2 Modelligninger for opvarmning og apparatmodellen

Nedenfor ses EMMA's ligninger for opvarmning og apparatmodellen.

```
( ) -----
( ) ----- HUSHOLDNINGER -----
( ) -----

( ) VARMEFORBRUG -----

FRML _DJRD      klima      = 1/(((1-VVAND)*GRADDAG)/3216 + VVAND ) $

FRML _DJRD      pbqjvc     = BQJECV*PBQJEC + BQJGCV*PBQJGC + BQJHCV*PBQJHC
                        + BQJSCV*PBQJSC + BQJBCV*PBQJBC
                        + (1-BQJECV-BQJGCV-BQJHCV-BQJSCV-BQJBCV) *PBQJFC $

FRML _DJRD      log(qJvc1w) = -log(dtqjvc1) -1.00000*log(klima) + 1.00000*log(khm2)
                        -0.365003*log(pbqjvc/dtqjvc1/pcpuxh) -1.11425 $

FRML _SJR      Dlog(qJvc1) = 0.400743*Dlog(qJvc1w) +0.735460*(log(qJvc1w(-1))-log(qJvc1(-1)))
                        + (1-0.400743)*(-1.00000)*Dlog(klima) $

FRML _D         qJvc       = qJvc1 - 227/365*0.75 *qJexc $
```

```

() ELFORBRUG -----
() usercost
FRML _D__D          uim1c          = pcp1c*bkm1c $
FRML _D__D          uim2c          = pcp2c*bkm2c $
FRML _D__D          uim3c          = pcp3c*bkm3c $

() usercost på K, Tornqvistindeks
FRML _D__D          pkec           = pkec(-1)
                                *(uim1c/uim1c(-1))**
                                (0.5*( (uim1c*bfkmlc)
                                        / (uim1c*bfkmlc+uim2c*bfk2c+uim3c*bfk3c)
                                        + (uim1c(-1)*bfkmlc(-1))
                                        / (uim1c(-1)*bfkmlc(-1)
                                        +uim2c(-1)*bfk2c(-1)+uim3c(-1)*bfk3c(-1))
                                ))
                                *(uim2c/uim2c(-1))**
                                (0.5*( (uim2c*bfk2c)
                                        / (uim1c*bfkmlc+uim2c*bfk2c+uim3c*bfk3c)
                                        + (uim2c(-1)*bfk2c(-1))
                                        / (uim1c(-1)*bfkmlc(-1)
                                        +uim2c(-1)*bfk2c(-1)+uim3c(-1)*bfk3c(-1))
                                ))
                                *(uim3c/uim3c(-1))**
                                (0.5*( (uim3c*bfk3c)
                                        / (uim1c*bfkmlc+uim2c*bfk2c+uim3c*bfk3c)
                                        + (uim3c(-1)*bfk3c(-1))
                                        / (uim1c(-1)*bfkmlc(-1)
                                        +uim2c(-1)*bfk2c(-1)+uim3c(-1)*bfk3c(-1))
                                ))
                                $

() Udsplitning af E på underliggende elapparater
FRML _D__D          log(dtqjexc)    = bqjm1c*log(dtqjmlc)+bqjm2c*log(dtqjm2c)
                                + bqjm3c*log(dtqjm3c) $

FRML _I pwemc = (0.854912**0.498835 * (pqjec/dtqjexc)**(1-0.498835)
                + (1-0.854912)**0.498835 * (pkec/dtkec)**(1-0.498835) )**(1/(1-0.498835)) $

FRML _DJRD log(qJexcw) =log(cpuhx/pcpuhx)
                    +0.498835*log(0.854912)
                    -3.40671
                    -0.498835*log(pbqjec/pwemc)
                    - (1-0.498835)*log(dtqjexc)
                    -0.374326*log(pwemc/pcpuhx) $

FRML _DJRD log(fKecw) =log(cpuhx/pcpuhx)
                    +0.498835*log(1-0.854912)
                    -3.40671
                    -0.498835*log(pkec/pwemc)
                    - (1-0.498835)*log(dtkec)
                    -0.374326*log(pwemc/pcpuhx) $

FRML _SJRD Dlog(qJexc0) =0.458573*Dlog(qJexcw) +0.30000*(log(qJexcw(-1)) -log(qJexc0(-1))) $
FRML _SJRD Dlog(fKec) =0.266665*Dlog(fKecw) +0.272726*(log(fKecw(-1)) -log(fKec(-1))) $

() Lys
FRML _GJRD          Dlog(Km1cw)     = Dlog(fKecw) $
FRML _GJRDF         dlog(Km1c)     = dlog(bfkmlc)+0.34900*Dlog(fKecw)
                                - 0.20000*(log(Km1c(-1))-log(Km1cw(-1))) $

() TV
FRML _GJRD          Dlog(Km2cw)     = Dlog(fKecw) $
FRML _GJRDF         dlog(Km2c)     = dlog(bfk2c)+0.34900*Dlog(fKecw)
                                - 0.20000*(log(Km2c(-1))-log(Km2cw(-1))) $

() Husholdningsapparater
FRML _GJRD          Dlog(Km3cw)     = Dlog(fKecw) $
FRML _GJRDF         dlog(Km3c)     = dlog(bfk3c)+0.34900*Dlog(fKecw)
                                - 0.20000*(log(Km3c(-1))-log(Km3cw(-1))) $

() Elforbrug, Lys
FRML _DJRD          qJm1c          = bqjm1c*qjexc0 $

() Elforbrug, TV
FRML _DJRD          qJm2c          = bqjm2c*qjexc0 $

```

```

() Elforbrug, Husholdningsapparater
FRML _DJRD          qJm3c          = bqjm3c*qjexc0 $

() Elforbrug, PC'ere
FRML _GJRDF        qJepcc          = kqjepcc*khm2/dtqjepcc $ () nyt!!!!

() Elforbrug, Diverse
FRML _GJRDF        qJedc           = kqjedc*khm2/dtqjedc $ () nyt!!!!

() SAMLET: forskellige aggregarter -----
FRML _I            qJec            = qjexc+qjepcc+qJedc+qJevc $ () nyt!!!
FRML _G            QJGC           = BQJGCV*QJVC $
FRML _G            QJHC           = BQJHCV*QJVC $
FRML _G            QJSC           = BQJSCV*QJVC $
FRML _G            QJBC           = BQJBCV*QJVC $
FRML _G            QJECV          = BQJECV*QJVC $
FRML _G            QJFC           = (1-BQJECV-BQJGCV-BQJHCV-BQJSCV-BQJBCV)*QJVC $
FRML _I            QJEXVC          = QJEXC0+QJEPCC+QJEDC $
FRML _GJ_D         OFCG           = KFCG*QJTC $
FRML _GJ_          ofCe           = kfce*qJvec $
FRML _D            qJvec          = qJvc+qJexvc $
FRML _GJR          QJOC           = QJGC + QJHC + QJSC + QJFC + QJBC $
FRML _GJR          PQJOC          = ( PQJGC*QJGC+PQJHC*QJHC+PQJSC*QJSC
+PQJBC*QJBC+PQJFC*QJFC)/QJOC $
FRML _D            QJZC           = QJTC + QJEC + QJOC $

```

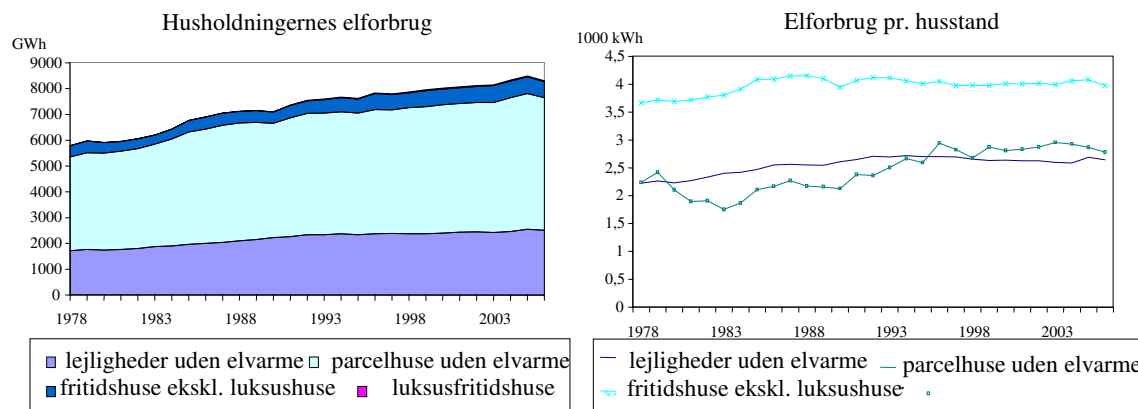
3.3.3 Husstandsmodel

I sidste afsnit blev husholdningernes el-forbrug beskrevet og modelleret ud fra udviklingen i el-forbrugende apparater. I dette afsnit ses der på, hvordan el-forbruget i grupper af husstande udvikler sig. Udgangspunktet er Elforsyningsens Tiårsstatistik (Elværksstatistikken), der opgør husholdningernes el-forbrug og antallet af husstande i 3 kategorier af husstande: Huse, lejligheder og fritidshuse.

Ses der på, hvad husholdningerne bruger el til, vil en dansk husholdning typisk være udstyret med en lang række el-forbrugende apparater, f.eks. et køleskab og et TV. Brugen af disse apparater er forholdsvis uafhængig af antal beboere i husstanden. Hvis der i en typisk husstand er et betydeligt "minimumsforbrug" til denne type af apparater vil udviklingen i antal husstande være en væsentlig variabel til forklaring af udviklingen i det samlede el-forbrug. Af elværksstatistikken fremgår desuden, at forbruget pr. husstand er meget forskelligt i typer af husstande. F. eks. er forbruget i parcelhuse betydeligt større end forbruget i lejligheder. Dette hænger bl.a. sammen med forskellige husstandsstørrelser, indkomst og alderssammensætning. Jo større en husstand er, desto flere apparater må der forventes, og for en del apparater vil anvendelsen afhænge af antal personer og indkomst i husstanden.

Historisk udvikling i husholdningernes el-forbrug

Udviklingen i husholdningernes totale el-forbrug samt el-forbruget pr. husstand i de tre typer af husstande fremgår af figur 3.4. Udviklingen i det totale el-forbrug har været jævnt stigende siden begyndelsen af 1980'erne med det største forbrug og en stigende andel af forbruget i parcelhuse. Forbruget i husstande er i parcelhuse ca. det dobbelte af forbruget i lejligheder, og forbruget i fritidshuse ca. af samme størrelsesorden som forbruget i lejligheder. Udviklingen i enhedsforbruget har i parcelhuse og i lejligheder været stort set konstant siden midten af 1980'erne, mens forbruget pr. fritidshus er steget ganske betydeligt.

Figur 3.4. Udviklingen i husholdningernes el-forbrug og enhedsforbrug i husstandstyper

Dekomponeres udviklingen i el-forbruget, ses af tabel 16, at enhedsforbruget har været stort set konstant siden 1990, og at stigningen i el-forbruget primært kan forklares ved et øget antal parcelhuse og lejligheder. For fritidshuse ses en betydelig stigning i enhedsforbruget, også når luksufritidshuse ikke er inkluderet. Væsentlige grunde til det øgede enhedsforbrug i fritidshuse har været øget benyttelsesgrad, større fritidshuse og dermed øget el-opvarmning samt et øget antal el-apparater i fritidshusene. Luksushuse har ca. 10 gange så stort et enhedsforbrug som et gennemsnitligt fritidshus, og antallet af luksushuse steg betydeligt i 1990'erne. Totalt set udgør antallet af luksufritidshuse dog en meget beskedne del af det samlede antal fritidshuse. Skønt el-forbruget i fritidshuse således er interessant, fordi udviklingen har været anderledes end for resten af husholdningernes el-forbrug, skal det dog bemærkes, at el-forbruget i fritidshuse (som det ses af figur 39) udgør en beskedne del af husholdningernes samlede el-forbrug.

Tabel 3.4. Ændring i husholdningernes el-forbruget opdelt på delkomponenter

1990-2006	Antal husstande	Enhedsforbrug	Elforbrug
Lejligheder uden el-varme	1,111	1,012	1,125
Parcelhuse mv. uden el-varme	1,152	1,007	1,160
Fritidshuse ekskl. luksushuse	1,116	1,305	1,457

Den generelle estimationsligning

Modelmæssigt er det valgt at forklare udviklingen i enhedsforbruget i segmenter ud fra udviklingen i det reale private forbrug, realprisen på el, antal graddage samt en trend. Ligevægtsligningen er formuleret som den log-lineære relation beskrevet i eq. (3.11) og tilpasningen er beskrevet ved fejlkorrigeringsmodellen

$$\log \left(\frac{E_i}{F_i} \right)^* = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i} \cdot \log \left(\frac{C/P_C}{U} \right) + \alpha_{2,i} \cdot \log \left(\frac{P_E/P_C}{P_C} \right) + \alpha_{3,i} \cdot \left(\frac{G}{\bar{G}} \right) + \alpha_{4,i} \cdot D_{82-88} + \omega_i \cdot t$$

eq. (3.11)

Indeks i er hhv. lejligheder, parcelhuse og fritidshuse, α 'erne og ω er parametre, der estimeres, og data er:

- E Elforbrug (Elforsyningens Tiårsstatistik)
- F Antal huse (forbrugere), 1000 stk. (Elforsyningens Tiårsstatistik)
- P_E Elpris for husholdningerne (EMMA-variablen *pqjec*, mio.kr./TJ)
- P_C Forbrugerpris (ADAM's databank *pcpuxh*)

G	Antal graddage. \bar{G} er det gennemsnitlige antal graddage (2542) i perioden 1980-2003. (Elforsyningens Tiårsstatistik)
C	Privat forbrug mio. kr. (ADAM's databank <i>Cpuxh</i>)
D_{82-88}	Dummy = 1 i 1982-1988 og 0 derefter
t	Tid

Estimationsresultater

Estimationsresultater for hhv. parcelhuse, lejligheder og fritidshuse er vist i tabel 3.5. For parcelhuse og lejligheder estimeres en dynamisk tilpasning, men for fritidshuse estimeres udelukkende en langsigtrelation, hvor koefficienten til aktivitetsvariablen er bundet til 1,0. En anden forskel er, at for parcelhuse og lejligheder er den afhængige variabel el-forbruget pr. husstand ekskl. el-varme, men for fritidshuse er den afhængige variabel det totale el-forbrug i fritidshuse. Som det fremgår af tabel 3.5 betyder dette, at der for parcelhuse og lejligheder ikke estimeres en signifikant koefficient til antal graddage, mens der for fritidshuse er en betydelig graddagsafhængighed, der afspejler, at en betydelig del af opvarmningen i fritidshuse er el-varme.

Der estimeres ikke trendkoefficienter for parcelhuse og lejligheder, bl.a. fordi det statistisk set er vanskeligt at estimere både en indkomsteffekt og trendeffekt på én gang. Den dynamiske tilpasning er hurtigere i ligningen for parcelhuse end i ligningen for lejligheder. Fortolkningsemæssigt skal der nok ikke lægges det store i denne forskel, men forskellen kunne argumenteres ud fra en langsommere tilpasningshastighed i udlejningsejendomme, og at flere lejligheder end parcelhuse udlejes.

Ses der på ligningernes forklaringssevne ligger den procentvise afvigelse under 2% for parcelhuse og lejligheder (jf. sidste søjle), men ikke alle vendepunkter fanges. Generelt er forklaringssevnen acceptabel.

Tabel 3.5. Estimationsresultater for parcelhuse, lejligheder og fritidshuse

Parameter	Konst.	Indk.	Pris	Gradd.	Dummy	Trend	1. år	Tilpasn.	Spredn.
	α_{0t}	α_{1t}	α_{2t}	α_{3t}	α_{4t}	ω_t	β_{1t}	β_{2t}	s
Parcelhuse	-0,5856	0,40	-0,1518		0,0707		0,65	0,2248	0,0157
Spredning	0,0624		0,0690		0,0342			0,0937	
Lejligheder	-0,9628	0,40	-0,0895		0,3037		0,35	0,0455	0,0142
Spredning	0,1229		0,1215		0,5849			0,0763	
Fritidshuse	-4,0248	1,0		0,5006	-0,1388	-0,00097			0,0535
Spredning	0,2774			0,1252	0,0413	0,00221			

Anm.: n = 1979-2006

Frit estimeret indkomstelasticitet i parcelhuse giver værdien 0,05 med en spredning på 0,21. Da en så lav værdi ikke synes trolig, bindes den til 0,40, hvilket ligger inden for 2 gange spredningen. Bindningen påvirker stort set ikke de andre parametre, og et andet argument for bindingen er, at en ren langsigtsestimation giver en estimeret indkomsteffekt på netop 0,40. Mht. førstearseffekten bliver denne frit estimeret til 0,45 med en spredning på 0,35, men koefficienten er blevet sat til 0,65 (hvilket den godt kan statistisk set) pga. de konvergensproblemer der opstår, når både indkomst- og førstearseffekter slippes fri på samme tid.

Frit estimeret indkomstelasticitet i lejlighederne giver en værdi på 0,47 med en spredning på 0,39. Denne parameter er altså ikke specielt velbestemt og for at skabe symmetri i forhold til parcelhusene, bindes den til 0,40. Med frit estimeret førstearseffekt i lejligheder bliver denne parameter 0,59 med en spredning på 0,35. Men dette går ud over priselasticiteten, som i så

fald bliver $-0,05$. Derfor vælges det at binde førsteårseffekten lidt lavere end estimeret. Som for parcelhuse er der også for lejligheder konvergensproblemer, hvis både indkomsteffekten og førsteårseffekten slippes fri på samme tid. Dette er et andet argument for at binde førsteårs-effekten.

For fritidshusene er det væsentligt at korrigere for el-forbruget i luksus-sommerhuse. Disse har et gennemsnitligt forbrug der er ca. 10 gange gennemsnittet for normale sommerhuse, og der var i 1990'erne en betydelig stigning i antallet (specielt i vest-danmark). Hvis der korrigeres for luksus-sommerhuse, er udviklingen i øst- og vest-danmark sammenlignelig. Udviklingen i antal luksus-sommerhuse vurderet ud fra oplysninger fra NOVASOL og Dansommer og i korrektionen regnes med et gennemsnitligt forbrug pr. luksus-sommerhus på 31.500 KWh/år.

Estimationsmæssigt kan vælges enten at binde α_{1i} til 1.0 og estimere ω_i eller at binde ω_i til 0,0 og estimere α_{1i} . I den valgte ligning er α_{1i} bundet til 1.0, og der estimeres en trendkoefficient. I øvrigt skal det bemærkes, at da en væsentlig del af el-forbruget i sommerhuse er el-varme, er der estimeret en signifikant koefficient til antal graddage. Endelig bemærkes det, at der ikke estimeres en dynamisk tilpasning, dvs. at den endelige ligning er statisk (=øjeblikkelig tilpasning).

Antal husstande

Udviklingen i antal parcelhuse og lejligheder fremskrives ud fra den hidtidige trendmæssige udvikling de seneste år. Matematisk er ligningen formuleret som eq. (3.12) og estimationsresultater for perioden 1978-2006 er vist i tabel 3.6. Teoretisk set bør antal husstande i segmenter desuden afhænge af befolkningsudviklingen, udviklingen i den reale indkomst samt rente og priser. Disse sammenhænge er p.t. ikke søgt inddraget.

$$\log(F_i) = \alpha_{0,i} + \alpha_{1,i} \cdot t \quad \text{eq. (3.12)}$$

hvor

F_i Antal parcelhuse og lejligheder, hhv.
 t Tid

Tabel 3.6. Estimerede vækstrater i antal husstande i segmenterne

	Parcelhuse mv.	Lejligheder
$\alpha_{0,i}$	6,3204 (0,0484)	6,0886 (0,0289)
$\alpha_{1,i}$	0,008994 (0,000526)	0,007457 (0,000314)
R ² -adj	0,9124	0,9525

Anm.: Estimationsperioden er 1978-2006. n = 1978-2006. Parameterspredninger er angivet i parentes.

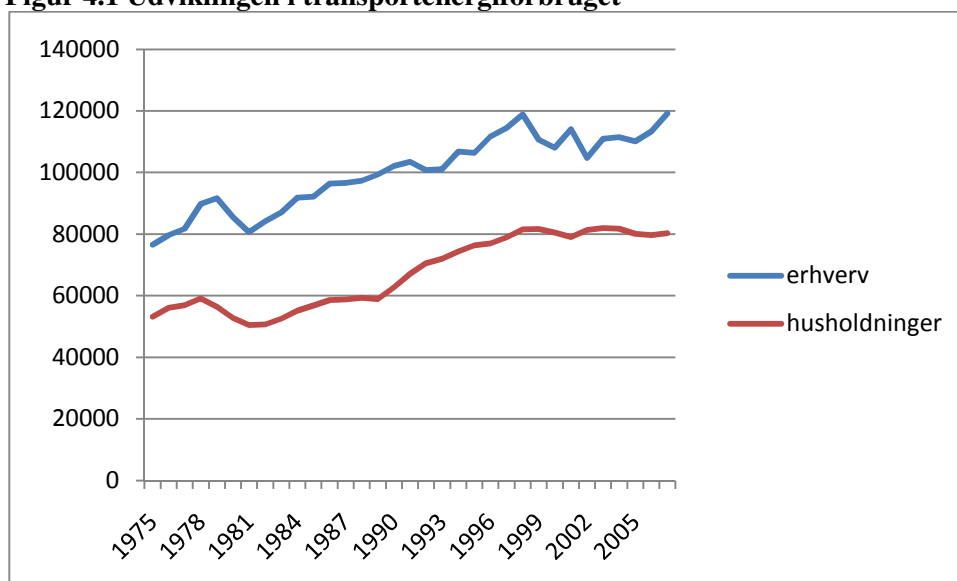
Trendvækstraterne ligger på ca. 0,9% hhv. 0,7% p.a. Antal fritidshuse fremskrives eksogent. Udviklingen begrænses væsentligt af regionsplanlægningen, der definerer, hvor mange fritidsgrunde der udbydes.

4. Transportenergi

4.1 Introduktion

Energiforbruget til transport steg ganske betydeligt i 1980'erne og 1990'erne, da der stort set udelukkende anvendtes fossile brændsler. Der har historisk set ikke været de store muligheder for at substituere mellem fossile og andre brændsler i transportsektoren. Udviklingen i transportenergiforbruget kan ses i figur 4.1 og det bemærkes, at forbruget i husholdningerne (til privat biltransport) steg betydeligt i 1980'erne og 1990'erne, men har været relativt konstant efter år 2000. Erhvervenes transport, der omfatter både erhvervenes egetransport (primært godstransport) samt transport-erhvervenes energiforbrug (der både er gods- og persontransport), er mere volatilt og følger delvist produktions- og strukturudviklingen.

Figur 4.1 Udviklingen i transportenergiforbruget



I modellen opdeles transporten i hhv. person- og godstransport, hvor persontransporten foruden husholdningernes transport indeholder den del af erhvervenes transport, der er relateret til persontransport dvs. bus, persontog, metro og taxi. Der tages udgangspunkt i et transportbehov målt i et antal person- og tonkilometer. Derefter omsættes transportbehov til et antal køretøjskilometer, og sluttelig modelleres en energieffektivitet pr. køretøjskilometer.

Persontransporten opdeles i transport til og fra arbejde og fritidstransport og indeholder fire transportformer; personbiler, busser, tog og andet. Personbiler relateres til husholdningernes energiforbrug til transport. Busser og tog karakteriseres som offentlig transport, der modelleres samlet og fordeles vha. eksogene andele. 'Andet' indeholder gang, cykler, knallerter og motorcykler.

Godstransport modelleres ud fra et antal tons, der produceres og transporteres og opdeles i vejtransport og tog.

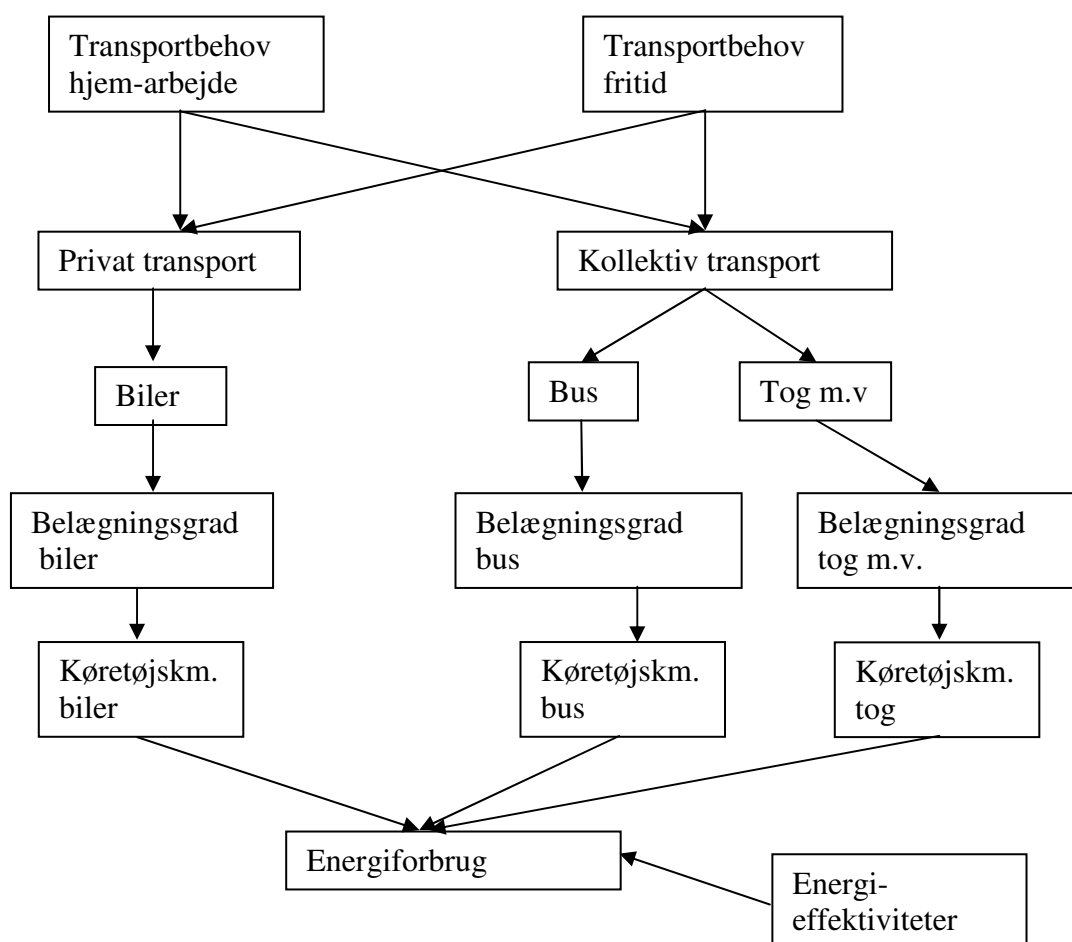
Gennemgangen af transportmodellen opdeles i persontransport, der beskrives i afsnit 4.2 og godstransport der beskrives i afsnit 4.3.

4.2 Persontransport

Modelstruktur for persontransport

Behovet for persontransport (målt som et antal personkilometer) opdeles i et behov for at transportere sig til og fra arbejde samt et transportbehov relateret til fritid, som kan være transport til indkøb, besøge venner, transport af børn eller til andre fritidsaktiviteter. Adfærdsmæssigt er der meget stor forskel på de to typer af ture, og det totale transportbehov til de to typer bestemmes forskelligt. Det totale transportbehov af hver af de to typer fordeles på privat og kollektiv transport ved en substitutionsmodel. Derefter fordeles transporten på transportmidler, og energiforbrugene bestemmes via en belægningsgrad, et antal køretøjskilometer samt en energieffektivitet for hver af transportformerne. Oversigtsmæssigt beskrives modellens struktur i figur 4.2.

Figur 4.2 Modelstruktur for persontransport.



Transportbehovet

Som nævnt opdeles behovet for transport i transport til og fra arbejde og transport i fritiden. Transport i fritiden udgør ca. 70% af det totale persontransportbehov målt i antal personkilometer, og transport til og fra arbejde udgør de øvrige ca. 30%.

Behovet for transport til og fra arbejde bør egentligt kunne beskrives ved en identitet ud fra antal beskæftigede, antal arbejdsdage og en gennemsnitlig turlængde gange 2. Givet en person er i beskæftigelse har vedkommende behov for at komme både til og fra arbejde på alle hverdage, og den gennemsnitlige turlængde må forventes at udvikle sig trendmæssigt.

I praksis har vist sig vanskeligt af finde en fornuftig tidsserie for antal arbejdsdage pr. år, og transportbehovet til og fra arbejde er derfor modelleret som:

$$\log(pKza) = -0.10 + \log(Q1) + 0.018 \cdot T + 0.30 \cdot D_{80-93} + 0.22 \cdot D_{80-02} \quad \text{eq. (4.3)}$$

hvor

$pKza$	Samlet transportarbejde for arbejde, opgjort i mio. personkilometer
$Q1$	Beskæftigede i alt, opgjort i 1000 personer
T	Tid
D	Dummy

Når beskæftigelsen øges 1%, øges transportbehovet til og fra arbejde 1%, og over tid ændres transportbehovet med 1.8 % pr. år. Den gennemsnitlige afstand til arbejde er over tid vokset. Da der er sket et fald i transportbehovet i 1993-1994 samt i 2002, inkluderes et par dummyvariabler for at korrigere for faldet. Faldet i transportbehov skyldes sandsynligvis ændret antal arbejds-/feriedage. Bestemmes en koefficient til antal beskæftigede, er denne omkring 0.8 og ikke signifikant forskellig fra 1, hvorfor det er valgt at pålægge ligningen denne restriktion.

For fritidsture ses kun på transportbehovet med bil, bus og tog. Transportformen ”andet” er ikke inkluderet i modellen, da fritidsture med gang, cykel m.v. ikke umiddelbart har de store energimæssige konsekvenser og kun i begrænset omfang er styret af økonomiske forhold.

Adfærdsmæssigt afhænger transportbehovet til fritidsture af den reale disponible indkomst samt af prisen på transportydelser. Langsigsrelationen for transportbehovet til fritidsture er estimeret som:

$$\log(pKzf) = 0.43 + 0.67 \cdot \log\left(\frac{ydphk2}{pcpuxh}\right) - 0.13 \cdot \log\left(\frac{pCgbk1}{pcpuxh}\right) + 0.01 \cdot D_{88-92} + 0.01 \cdot D_{02-03} \quad \text{eq. (4.4)}$$

hvor

$pKzf$	Samlet transportarbejde for fritid, opgjort i mio. personkilometer
$Ydphk2$	Disponibel bruttoindkomst i husholdningen, opgjort i mio. kr.
$pcpuxh$	Pris en på privat forbrug i alt undtagen boligydelse, opgjort i kædede priser, 2000=1
$pCgbk1$	Prisen på privat forbrug af transport, opgjort i kædede priser, 2000=1

Den første parentes i ligning 4.4 er husholdningernes reale disponible indkomst, og anden parentes er realprisen på privatforbrug af transport. Endelig estimeres der med en simpelt partial adjustment dynamik, hvor koefficienten bliver 0.23, dvs. behovet for fritidsture har en langsigtet indkomstelasticitet på 0.7, en priselasticitet på -0.13, og førsteårselasticiteterne er ca. 1/4 af de langsigtede elasticiteter.

Substitution mellem privat og kollektiv transport

Transportbehovet tilfredsstilles ved anvendelse af forskellige transportformer. For transport til og fra arbejde inkluderes transportbehovet ”andet”, der omfatter gang, cykler, knallerter og motorcykler, men dette er ikke inkluderet i transportbehovet til fritid. I første step bestemmes således andelen af ”anden” transport til og andelen af til og fra arbejde. Derefter bestemmes en substitution mellem private biler og kollektiv transport. Denne model er ens for transport

til hhv. hjem - arbejde og fritid, men de estimerede substitutions-elasticiteter er forskellige for de 2 transportbehov.

Andelen af "anden" transport til og fra arbejde er meget beskeden og har været faldende over tid. I modellen som er ligningen for "anden" transport til og fra arbejde er formuleret som:

$$bKaa = 0.22 + 0.11 \cdot \log\left(\frac{pCgbk}{pcpuxh}\right) - 0.002 \cdot T - 0.011 \cdot D_{96-99} \quad \text{eq. (4.5)}$$

hvor

$bKaa$ Andel af 'anden' transport til og fra arbejde, opgjort som andel

For resten af transportbehovet bestemmes forholdet mellem privat og kollektiv transport ved følgende log-lineære relation:

$$\log(bKo_i) = \log\left(\frac{pKc_i}{pKo_i}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log\left(\frac{ydpkhk2}{pcpuxh}\right) + \sigma \cdot \log\left(\frac{pCg}{pCk}\right) \quad \text{eq. (4.6)}$$

hvor

bKo_i Forholdet mellem privat og kollektiv transport for turtype i , opgjort som andel

pKc_i Transportarbejde for fritids- eller arbejdsture med personbil, opgjort i mio. personkilometer

pKo_i Transportarbejde for fritids- eller arbejdsture med offentlig transport, opgjort i mio. personkilometer

pCg Prisen på forbrug af benzin og olie til køretøjer, opgjort i mio. kr.

pCk^{13} Prisen på privat forbrug af kollektiv transport mv., opgjort i kædede priser, 2000=1

Den første parentes i ligning 4.6 er den reale disponible indkomst og den anden parentes er forholdet mellem prisen på benzin og kollektiv transport. Relationen estimeres for hhv. til og fra arbejde og fritidstransport, og estimationsresultaterne er vist i følgende tabel:

Tabel 4.1 Estimationsresultater for substitution mellem privat og kollektiv transport

eq. (4.6)	α_0	α_1	σ	R^2
Til og fra arbejde				
koef.	-1.555	0.1694	-0.0227	0.85
t-værdi	-1.14	1.69	-0.58	
fritid				
koef.	-1.512	0.235	-0.0315	0.77
t-værdi	-0.75	1.48	-0.627	

Som det ses af tabellen, stiger andelen af privat transport med stigende real disponibel indkomst og falder med stigende af prisen på benzin, sat overfor prisen på kollektiv transport. Umiddelbart bemærkes det, at koefficienterne ikke er specielt signifikante. For fritidstransport skal det bemærkes, at forholdet mellem privat og kollektiv transport har været meget konstant over perioden. Andele af privat transport har ligget mellem 80% og 82%.

Sluttelig skal det bemærkes, at der ikke modelleres en substitution mellem kollektive transportformer, dvs. tog, metro og bus. Valget mellem kollektive transportmidler er primært bestemt af den givne infrastruktur, og i modellen vil fordelingen være eksogen.

¹³ pCg er en ADAM-variabel og pqt er en EMMA-variabel, men er udtryk for det samme (hhv. prisen på forbrug af benzin og olie til køretøjer og prisen på transportenergi for husholdninger). Udviklingen i de to variabler er næsten den samme, dog er der enkelte udsving i pCg i 1970'erne. På baggrund af denne observation bruges pqt , da den er mest troværdig.

Belægningsgraden

Energiforbruget til persontransport afhænger overvejende af, hvor mange kilometer der køres med de enkelte transportmidler. For at komme fra et antal personkilometer til et antal køretøjskilometer behøves således udviklingen i belægningsgraden eller det gennemsnitlige antal personer pr. køretøjskilometer.

Teoretisk afhænger belægningsgraden af den økonomiske udvikling, prisen på transport og for kollektiv transport af udviklingen i infrastrukturen. Da vi ikke har data for udviklingen i infrastrukturen er der testes følgende relation til beskrivelse af belægningsgraden:

$$\log(bl_i) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log\left(\frac{ydphk2}{pcpuxh}\right) + \sigma \cdot \log\left(\frac{pCg}{pCk}\right) + \tau \cdot T \quad \text{eq. (4.7)}$$

hvor

bl_i Belægningsgraden for transportmiddel i , opgjort i antal personer pr. transportmiddel

Den første parentes i ligning 4.7 er den reale disponible indkomst, den anden parentes er prisen på benzin divideret med prisen for kollektiv transport, og T er tiden.

Mht. belægningsgraden skal det bemærkes, at for kollektiv transport er belægningsgraden beregnet ud fra antal passagerer, men for privat kørsel inkluderes føreren af bilen. I ligning 4.7 er der derfor trukket 1 fra, så ligningen bliver estimeret uden chaufføren. Selve belægningsgraden for privat kørsel kan derfor ikke komme under 1, da køretøjet skal have en chauffør.

Fortolkningsmæssigt forventes belægningsgraden for privat kørsel at falde med stigende realindkomst og stige, når prisforholdet mellem benzin og kollektiv transport stiger, dvs. $\alpha_1 < 0$ og $\sigma > 0$. For kollektiv transport forventes belægningsgraden at falde med stigende relativ pris på kollektiv transport, dvs. $\sigma > 0$, men fortegnet på α_1 er ikke entydigt. Når den reale disponible indkomst stiger, kan belægningsgraden for kollektiv transport stige som følge af mere transport, men den kan også falde som følge af en større andel privat kørsel.

Estimationsresultaterne for eq. (4.7) er vist i tabel 4.2. Som det ses af tabel 4.2, er der for privat kørsel en meget signifikant negativ effekt af øget realindkomst. Det skal bemærkes, at elasticiteten er for passagerer i bilen, dvs. udover chaufføren.

Tabel 4.2 Estimationsresultater for belægningsgraden

eq. (4.7)	α_0	α_1	σ	τ	R^2
privat kørsel	10.447	-0.732	0.068	-0.012-	0.99
t-værdi	6.05	-4.75	1.97	-3.46	
bus (1996-2007)	3.142	-	-	-0.0062	0.96
t-værdi	84.14			-17.01	
tog (1991-2007)	7.820	-0.248	0.058		0.60
t-værdi	3.86	-1.72	0.71		

For busser har det ikke været muligt at estimere fortolkelige indkomst- og priseffekter, og det er valgt at beskrive udviklingen ved en trend. For tog bemærkes, at ligningen ikke forklarer udviklingen specielt godt, men at effekterne synes rimelige. Belægningsgraden har været meget svingende, og disse udsving kan ikke forklares af simple økonomiske forhold.

Energieffektiviteten

Energieffektiviteten formuleres i modellen som antal køretøjskilometer pr. liter.

For biler beregnes effektiviteten ud fra husholdningernes energiforbrug til transport ($qjtc$ er omregnet til et ækvivalent antal liter benzin) og antal køretøjskilometer for persontransport med private biler, dvs. fra antal køretøjskilometer for persontransport fratrækkes kilometer i taxi.

Teoretisk set afhænger effektiviteten af den realprisen på transportenergi – når realprisen på transportenergi stiger, bør effektiviteten (antal kilometer pr. liter) stige. Matematisk formuleres sammenhængen mellem benzinprisen og bilernes energieffektivitet som eq. (4.8), hvor der er introduceret et geometrisk aftagende lag til prisen - det tager nogen tid før hele effekten af en prisændring viser sig i en ændret gennemsnitlig energieffektiviteten.

$$\log\left(\frac{km}{l}\right)_{i,t} = \log(bEt)_{i,t} = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot (1 - \gamma) \cdot \log\left(\frac{pqjt_i}{px_i}\right)_t + \tau \cdot T + \gamma \cdot \log(bEt)_{i,t-1} \quad \text{eq. (4.8)}$$

hvor

bEt_i Energieffektiviteten for transportmiddel i , opgjort i km/liter

px_i Prisen på produktionsværdi for transportmiddel i , opgjort i kædede priser, 2000=1

$pqjt_i$ Prisen på forbrug af transportenergi for transportmiddel i , opgjort i mio. kr./TJ

Kørsel med taxi fratrækkes som nævnt persontransport med biler¹⁴. I modellen forudsættes det, at andelen af persontransport med taxi er en konstant andel af persontransporten med biler, og ved omregning til vognkilometer regnes der med en konstant belægningsgrad i taxi på 0,8, dvs. 1/4 af de kilometer, der køres med taxi er uden passagerer. Ud fra antallet af køretøjskilometer med taxi beregnes der en energieffektivitet. Denne er noget mindre end for biler, da der bruges store biler som taxi, og der er et betydeligt tomgangsforbrug.

Estimationsresultaterne for hhv. private biler, taxi og busser er vist i følgende tabel:

Tabel 4.3 Estimationsresultat for effektiviteten i taxi og busser (km/l)

eq. (4.8)		α_0	α_1	τ	γ	R^2
Bil	koeff.	3.954	0.4705	-0.0079		0.86
	t-værdi	24.57	10.36	-7.43		
Taxi	koeff.	0.254	0.0376	0.0049	0.6053	0.64
	t-værdi	1.05	0.29	1.52	3.64	
Bus	koeff.	1.070	0.1740	-0.0066	0.8107	0.94
	t-værdi	1.48	0.87	-1.29	6.94	

Sammenlignes estimationsresultaterne for taxi og bus med estimationsresultatet for private biler bemærkes, at prisfølsomheden er noget mindre, hvilket kan forklares med, at en væsentlig del af omkostningerne for taxi- og busdrift er lønomkostninger.

¹⁴ I data er taxikørsel inkluderet i persontransport med biler.

Simulering af den samlede persontransportmodel

Ses der på effekter af ændringer i forklarende variabler, viser tabel 4.4 indkomst- og priselasticiteter ved simuleringer af den samlede model for persontransport.

Øges indkomsten med 1%, sker der en stigning i transportbehovet målt i antal personkilometer. På kort sigt stiger transportbehovet 0.09%, mens på lang sigt er der en stigning på 0.48%. Der sker ikke noget med transportbehovet til og fra arbejde, men behovet for transport i fritiden stiger.

Transport med bil stiger lidt mere end det totale transportbehov. Dette skyldes, at der er substitution mellem privat og kollektiv transport. Sammenlignes transport til og fra arbejde med transporten med bil er der en stigning, dels pga. et fald i "anden" transport og dels pga. et fald i kollektiv transport. For fritids-transport er der både en stigning i privat og kollektiv transport, dog stadig en substitution fra kollektiv til privat transport.

Belægningsgraden, dvs. det gennemsnitlige antal personer i bilen, falder en smule, og det totale antal kørte kilometer i biler stiger på lang sigt med 0.83%, førsteårsstigningen er ca. det halve.

Energipriserne ses af de sidste kolonner af tabel 4.4. Den væsentligste effekt er en ændret energieffektivitet, som ses i næstnederste række i **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**, men der er også mindre effekter på både transportbehovet og substitution mellem privat og kollektiv transport. Øges priserne på energi med 1 %, reduceres transportbehovet med 0.07%, og dette er jævnt fordelt på både privat og kollektiv transport. Øges kun benzinprisen, falder det totale transportbehov, og der er en substitution mellem privat og kollektiv transport. Den totale priselasticitet i modellen er i begge tilfælde godt -0.7 og skyldes i al væsentlighed en øget benzineffektivitet. Førsteårseffekten er ca. 1/3 af den langsigtede elasticitet.

Tabel 4.4 Elasticiteter i den samlede persontransportmodel

		Indkomst		Alle energi priser ¹		Benzin prisen ²	
		1. år	10 år	1. år	10 år	1. år	10 år
Transportbehov		0.09	0.48	-0.02	-0.07	-0.01	-0.02
	arbejde	0	0	0	0	0	0
	fritid	0.13	0.64	-0.02	-0.07	-0.01	-0.02
Med bil		0.12	0.52	-0.04	-0.08	-0.02	-0.04
	arbejde	0.07	0.07	-0.06	-0.08	-0.03	-0.04
	fritid	0.13	0.65	-0.03	-0.09	-0.02	-0.04
Kollektiv		-0.01	0.29	-0.04	0	0.05	0.05
	arbejde	-0.16	-0.16	-0.01	-0.01	0.03	0.02
	fritid	0.08	0.59	0.05	0.01	0.06	0.06
Belægningsgrad biler		-0.3	-0.3	0.03	0.03	0.03	0.03
Køretøjskm. biler		0.42	0.83	-0.06	-0.11	-0.05	-0.07
Energieffektivitet biler		0	0	0.18	0.41	0.18	0.41
Energiforbrug biler		0.42	0.83	-0.24	-0.52	-0.23	-0.48

¹ Prisen på privat forbrug af transport (*pCgbkl*) øges med 0,5%. Benzin og kollektiv transport udgør 50% af *Cgbkl*.

² $pCgbk1$ øges med 0.17%. Benzin udgør 17% af $Cgbk1$.

Beregning af effekten af el-biler:

1. Effektiviteten for el-biler fastsættes eksogent (for benzinbiler beregnes ud fra 4.8).
2. Der forudsættes en udskiftning af et antal benzinbiler med et antal el-biler, andelen af el-biler beregnes ud fra bilbestand og kaldes a_{el} .
3. andel af transportarbejde opdelt på el og benzin beregnes som:

$$\log(pKza) = -0.10 + \log(Q1) + 0.018 \cdot T + 0.30 \cdot D_{80-93} + 0.22 \cdot D_{80-02}$$

$$pKzae = pKza \cdot bEce$$

$$pKzab = pKza \cdot (1 - bEce)$$

hvor

$pKza_i$ Samlet transportarbejde for arbejde for energitype i , opgjort i mio. personkilometer
 $bEce$ Andelen af elbiler, opgjort i andele

For fritidskørsel beregnes:

$$\log(pKzf1) = 0.43 + 0.67 \cdot \log\left(\frac{ydpkh2}{pcpuxh}\right) - 0.13 \cdot \log\left(\frac{pCgbk1_{el}}{pcpuxh}\right) + 0.01 \cdot D_{88-92} + 0.01 \cdot D_{02-03}$$

hvor

$pKzfi$ Hjælpevariabel for fritidskørsel til beregning af $pKzfe$ og $pKzfb$
 $pCgbke$ Prisen på privat forbrug af transport for elbiler

$pKzf2$ er transportbehovet i fritid hvis prisen var $pCgbke$ ¹⁵. (alle biler var el-biler). Differencen $pKzf1 - pKzf2$ er så ændringen i transportbehovet ved ændret pris. Hvis andelen af elbiler er $bEce$ vil effekten på transportbehovet være (under forudsætning af lineær interpolation):

$$bEce \cdot (pKzf1 - pKzf) = pKzf2$$

det nye transportbehov er så:

$$pKzf1 + pKzf2 = pKzf$$

hvor

$pKzf$ Samlet transportarbejde for fritid, opgjort i mio. personkilometer

Transportbehovet der køres i elbiler er $bEce \cdot pKzf1 + pKzf3 = pKzfe$, dvs. hele stigningen tillægges elbiler.

Transportbehovet med benzin-biler beregnes residualt som:

$$(1 - bEce) \cdot pKzf = pKzfb$$

¹⁵ $pcgbke = (pcg_{el} * fCg_{el}(-1)) + pcbs * fCbs(-1) + pck * fCk(-1) / (fCg_{el}(-1) + fCbs(-1) + fCk(-1))$ hvor
 $pcg_{el} = ((1 - bEce) * pcg * fCg(-1) + bEce * pqjtc_{el} * fCg_{el}(-1))$

og andelene er: $bKofe = pKzfe / pKzf$ og $bKofb = pKzfb / pKzf$

Substitution mellem bil og kollektiv transport bestemmes for hhv. el og benzin udfra:

$$\log(bKoi) = \log\left(\frac{pKci}{pKoi}\right) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log\left(\frac{ydpk2}{pcpuxh}\right) + \sigma \cdot \log\left(\frac{pCg}{pCk}\right)$$

hvor der indsættes de relevante priser, dvs. der vil være 2 ens ligninger, blot med forskellige prisvariabler.

Herved fås så et transportbehov med hhv. el- og benzinbiler, der bestemmes ud fra transportbehovene:

$$pKzae + pKzfe \text{ og } pKzab + pKzfb$$

Belægningsgraden for hhv. el- og benzinbiler beregnes ud fra:

$$\log(blci) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log\left(\frac{ydpk2}{pcpuxh}\right) + \sigma \cdot \log\left(\frac{pCg}{pCk}\right) + \tau \cdot T$$

med de relevante priser indsat. Igen fås 2 sæt ligninger, med forskellige prisvariabler. Antal køretøjskilometer med hhv. el- og benzinbiler beregnes ud fra identiteter.

Energieffektiviteten for benzinbiler beregnes ud fra ligningen med benzinprisen som variabel, og effektiviteten for elbiler fastsættes eksogent.

Effekten af at introducere 10% elbiler er vist i tabel 4.5. I eksemplet, der er vist i tabel 4.5, er der regnet med,

- at prisen pr. kilometer i en elbil er ½ af prisen pr. km i en benzin bil.
- at husholdningernes udgifter til transport vægter prisen pr. km 17%, (resten er bilanskaffelse og kollektiv transport).
- at hele væksten i transportbehovet (antal personkilometer) pga. den lavere pris på transport i elbiler er tillagt kørslen i elbiler.

Ud fra disse antagelser viser tabel 4.5, at transportbehovet i fritiden øges en smule, og at der er en vis substitution fra kollektiv til privat transport, men at effekterne ikke er specielt store. En væsentlig forklaring er, at prisen pr. kilometer med elbiler er betydeligt mindre end prisen i benzinbiler, og udgifterne til benzin kun udgør 17% af husholdningernes udgifter til transport. At disse 17% halveres, betyder ikke det store, og i eksperimentet introduceres kun 10% elbiler. Belægningsgraden i elbiler, dvs. antal personer pr. km, er også noget lavere end i en benzinbil. Dette betyder, at antallet af køretøjskilometer stiger lidt mere end antallet af personkilometer med biler. I gennemsnit vil en elbil køre ca. 5% længere pr. år end en benzinbil. Den absolut væsentligste effekt af at erstatte benzinbiler med elbiler er, at energieffektiviteten for en elbil er betydeligt større end for benzinbilen. I eksempler regnes der med, at en elbil kører 5 kilometer pr. kWh. Til sammenligning regnes der med, at benzinbiler i gennemsnit kører godt 14 km/l. Med 10% elbiler (ca. 210.000 biler) spares 255 mio. liter benzin, og elbilerne bruger 769 Gwh el. Omregnes det til TJ, spares der ved overgangen til 10% elbiler godt 7% af husholdningernes energiforbruget til transport.

Tabel 4.5. Effekten af at introducere 10% elbiler.

Effekter langsigts-ligevægt	Kun med Benzin-biler	Med 10% El-biler	difference i % af total
Transportbehov (personkm.)	-7747	7854	0.14
19683 arbejde	-1975	1975	0.00
59099 fritid	-5772	5879	0.18
Med bil (personkm.)	-6255	6446	0.30
13477 arbejde	-1345	1382	0.27
49548 fritid	-4910	5064	0.31
Kollektiv (personkm.)	-1423	1363	-0.43
5562 arbejde	-562	552	-0.18
8550 fritid	-861	811	-0.58
Belægningsgrad biler (personer pr. km,)	1.682	1.650	1.90
37200 Køretøjskm. biler	-3720	3907	0.50
Energieffektivitet biler (km/l og km/kWh)	14.3	5	
Energiforbrug biler (mill liter benzin og GWh)	-255	769	
90645 Energiforbrug biler (TJ)	-8384	1767	-7.30

4.3 Godstransport

For godstransport modelleres vej- og banetransport mens der p.t. ikke modelleres luft- og søtransport dvs. luft og søtransport vil være eksogene variable til modellen. Vej- og banetransport modelleres ved 2 enkelt-relationer og der bestemmes således ikke et samlet godstransportarbejde der fordeles, men det samlede godstransportarbejde vil være summen af transport med de enkelte transportformer.

4.3.1 Vejtransport

Vejtransporten modelleres ud fra fysiske mængder der transporteres og modellen opdeles evt. som i de nationale kørebøger i "vognmænd" og "firmakørsel", men der opdeles ikke på godstransport i de enkelte erhverv. (Opdelingen i vognmænd og firmakørsel ikke specielt væsentlig, men der kan være forskelle i effektiviteten og energieffektiviteten)

Udgangspunktet for modelleringen er antal ton der transporteres og målet er at bestemme et antal vognkilometer samt et energiforbrug hertil.

Antal ton der produceres hentes fra DS's nationalregnskab i fysiske mængder (Ole Gravgård), og disse kobles til produktionen i faste priser. Første step er således at beregne:

$$Ton_i = a_i \cdot fX_i$$

Ton_i er antal ton der produceres i branche i , fX_i er produktionen i Adam, og $a_i = Ton_i / fX_i$. I fremskrivninger sættes a_i konstant til seneste års værdi eller fremskrives med en trend.

Det totale antal tons der produceres er $\sum_i Ton_i$. (Fordelen ved at operere i tons og ikke direkte i produktion i faste priser er, at værdien pr ton er meget forskellig i de enkelte erhverv.)

Mængden der transporteres beregnes ud fra kørebøgerne (Vejdirektoratet) og bestemmes i modellen som:

$$\text{ton vejtransport} = f(\text{ton produceret}, T)$$

Man må forvente, at det der produceres også transporteres, men der kan godt være en trend i hvor mange gange det transporteres. Kan evt. opdeles i vognmænd og firmakørsel, undersøg om der er forskel. (Vi arbejder her i ton, ikke hvor langt der transporteres).

Transportarbejdet i tonkilometer bestemmes herefter som:

$$\text{tonkm} = \text{ton vejtransport} \cdot \text{gennemsnitlig transportlængde}$$

Den gennemsnitlige transportlængde er enten eksogen eller kan bestemmes ved 2 eksogene variabler som:

$$\text{gennemsnitlig transportlængde} = \text{gennemsnitlig turlængde} \cdot \text{gennemsnitlig last}$$

Denne relation holder ikke nødvendigvis datamæssigt og der kan introduceres en korrektionsfaktor. Problemer er, at den gennemsnitlige transportlængde ikke nødvendigvis har en jævn udvikling og er noget svær at fortolke, da den afhænger af tur-sammensætningen.

For at komme fra tonkilometer til vognkilometer (der er det relevante i energimæssig sammenhæng) beregnes en gennemsnitlig last og et antal kilometer der køres med tom vogn, dvs.

$$\text{vognkm} = \text{tonkm} / (\text{kapacitet} \cdot \text{kapacitetsudnyttelsesgrad}) + \text{km tom kørsel}$$

kapacitetsudnyttelsesgraden opgøres i kørebøgerne, og kapaciteten kan beregnes ud fra ligningen. Adfærdsmæssigt bestemmes kapaciteten som

$$\text{kapacitet} = f(\text{løn}, \text{energi}, \text{kapitalomk}, \text{tekniske forhold}, T)$$

og ændringer i udnyttelsesgraden som

$$\Delta \text{kapacitetsudnyttelse} = f(\Delta \text{ton der transporteres}, \text{løn}, \text{energiomk})$$

Endelig skal der bestemmes et energiforbrug som

$$\text{energiforb rug} = \text{vognkm} \cdot \text{energieffektivitet}$$

hvor energieffektiviteten relateres til

$$\text{energieffektivitet} = f(\text{løn}, \text{energipris er}, T)$$

I denne model er der ikke foretaget en opdeling i vognstørrelser. Gøres dette er det antal vognkilometer der skal opdeles, og der bestemmes energiligninger for hver af disse kategorier. Energieffektiviteten beregnes enten ud fra DS's energibalancer (udgangspunktet) eller der antages eksogene effektiviteter og der sammenlignes med DS's energibalancer. (Kan gøres meget detaljeret, men jeg foretrækker en gennemsnitsberegning ud fra energibalancerne.)

4.3.2 Banetransport

Den simple løsning er blot at relatere energiforbruget til produceret ton, en pris på banetransport og en trend.

4.4 Modelligninger for transport

```
( ) -----
( ) ----- RISØs model for transport -----
( ) -----

( ) transport til og fra arbejde

FRML _SJRD      log(pKza)      = 0.15000 +1.0*log(Q1) + 0.017000*t + 0.28600*D8093 +
0.16300*D8001 $

FRML _SJRD      bKaa          = 0.12800 + 0.11900*(log(pCgbk1/pcpuxh)) -0.00100000*t -
0.0070000*d9600 $

FRML _D         pKaa          = bKaa*pKza $
FRML _D         pKza1        = pKza - pKaa $

FRML _SJRD      log(bKoa)      = -2.17000-0.060000*log(pqjtc/pCk) + 0.22000*log(ydphk2/pcpuxh)
+ 0.25000*d8095 $

FRML _D         pKca          = bKoa *pKza1/(1+bKoa) $
FRML _D         pKoa         = pKza1 - pKca $

( ) transport fritid

FRML _SJRD      log(pKzf)      = 1.20199+0.10256*0.66646*(log(ydphk2/pcpuxh))+0.10256*(-
0.12569)*(log(pCgbk1/pcpuxh))
+0.063777*d8892-0.012555*d0203 + (1-0.10256)*log(pKzf(-1)) $

FRML _SJRD      log(bKof)      = 0.62555 -0.10112*(log(pqjtc/pCk))+ 0.062609
*(log(ydphk2/pcpuxh))
+ 0.26999*d8093 -0.24487 * d8095 -0.12239 *d02 + 0.00000*d0508
$

FRML _D         pKcf          = bKof *pKzf/(1+bKof) $

FRML _D         pKof          = pKzf - pKcf $
FRML _D         pKpz         = pKza1 + pKzf $
FRML _D         pKcz         = pKca + pKcf $
FRML _D         pKoz         = pKoa + pKof $

FRML _G         pKta          = 0.008 * (pKca + pKcf) $

FRML _SJRD      log(blcl)      = 10.8477-0.84780*log(ydphk2/pcpuxh)+0.077700*log(pqjtc/pCk) +
0.16936*t +0.042587*d03 $

FRML _D         blc          = (blcl + 1)*blccor $

FRML _SJRD      log(blb)      = 3.17424 + 0.00000*log(ydphk2/pcpuxh) + 0.00000*log(pqjtc/pCk)
-0.0065440*t $

FRML _SJRD      log(blt)      = 8.02695 -0.26098*log(ydphk2/pcpuxh)+0.083163*log(pqjtc/pCk) +
0.054405*d08 $

FRML _D         kKcz         = (pKca + pKcf)/blc $
FRML _D         kKta         = pKta/0.8 $

( ) energiforbrug bil
FRML _SJRD      log(bEtc)      = 1.08909 + 0.74264*(log(pqjtc/pcpuxh)) -0.0053256*t $

FRML _D         qLtc         = kKcz/bEtc $
FRML _D         qjtc_risoe   = qLtc*32.85 $

( ) energiforbrug taxa
```

```

frml _SJRJ      log(bEtta)    = 0.05698 + 0.083668*(1-0.53942)*(log(pqjttaxi/pxtaxi))+
0.0088640*t + 0.53942*log(bEtta(-1)) $

FRML _D        qLtta         = kKta/(bEtta) $
FRML _D        qJtta         = qLtta*32.85 $

() energiforbrug bus P.T. er km bu exogen
frml _SJRJ      log(bEtbu)    = -0.24147 + 0.18168*(1-0.81151)*(log(pqjtbus/pxbus))-0.0064446*t
+ 0.81151*log(bEtbu(-1)) $

FRML _D        qLtbu         = kKbu/bEtbu $
FRML _D        qJtbu         = qLtbu*32.85 $

()-----
() fordeling af transportarbejdet på el og benzin
()-----

() transport til og fra arbejde

FRML _D        pKzae = a_el * pKza $
FRML _D        pKzab = (1-a_el) * pKza $

() transport i fritid

() pKzf_hlp1 er hvis alle biler var el-biler
() pqjtce er prisen p?el pr km relativt til prisen på benzin pr km

FRML _SJRJ      log(pKzf_hlp1) = 0.173187 * 1.20199 +
0.173187*0.731389*(log(ydphk2/pcpuxh))+ 0.173187*(-0.162372) *(log(pCgbke/pcpuxh)) + (1-
0.173187)*log(pKzf_hlp1(-1)) $

FRML _D        pKzf_hlp2 = a_el*(pKzf_hlp1 - pKzf) $
() pKzf_hlp2 er det pKzf vokser med andelen af el-biler er a_el

FRML _D        pKzfe = a_el * pKzf + pKzf_hlp2 $

FRML _D        pKzfb = (1-a_el)*pKzf $

()-----
() herefter beregnes de enkelte ligninger for el og benzin separat
()-----

FRML _SJRJ      bKaae = 0.127707 + 0.596185*0.119091*(log(pCgbke/pcpuxh)) -0.0009931*t -
0.0069914*d9699 + (1-0.596185)*bKaae(-1) $

FRML _SJRJ      bKaab = 0.127707 + 0.596185*0.119091*(log(pCgbk1/pcpuxh)) -0.0009931*t -
0.0069914*d9699 + (1-0.596185)*bKaab(-1) $

FRML _D        pKaae         = bKaae*pKzae $
FRML _D        pKaab         = bKaab*pKzab $

FRML _D        pKzale        = pKzae - pKaae $
FRML _D        pKzalb        = pKzab - pKaab $

FRML _SJRJ      log(bKoa)    = -2.17228-0.062762*log(pqjtce/pCk) +
0.222352*log(ydphk2/pcpuxh) + 0.245601*d8095 $

FRML _SJRJ      log(bKoab)   = -2.17228-0.062762*log(pqjtc/pCk) +
0.222352*log(ydphk2/pcpuxh) + 0.245601*d8095 $

FRML _D        pKcae         = bKoa*pKzale/(1+bKoa) $
FRML _D        pKcab         = bKoab*pKzalb/(1+bKoab) $

FRML _D        pKoa         = pKzale - pKcae $
FRML _D        pKoab        = pKzalb - pKcab $

() transport fritid

FRML _SJRJ      log(bKofe)    = 0.625547 + 0.801697*(-0.101119)*(log(pqjtce/pCk))
+ 0.801697*0.062609 *(log(ydphk2/pcpuxh)) + (1-
0.801697)*log(bKofe(-1))
+ 0.269993*d8093 -0.244869 * d8095 -0.122397*d02 $

FRML _SJRJ      log(bKofb)    = 0.625547 + 0.801697*(-0.101119)*(log(pqjtc/pCk))
+ 0.801697*0.062609 *(log(ydphk2/pcpuxh)) + (1-
0.801697)*log(bKofb(-1))
+ 0.269993*d8093 -0.244869 * d8095 -0.122397*d02 $

FRML _D        pKcfe         = a_el*bKofe*pKzf/(1+bKofe)+pKzf_hlp2 $

```

```

FRML _D      pKcfb      = (1-a_el)*bKofb*pKzf / (1+bKofb) $
FRML _D      pKofe      = pKzfe - pKcfe $
FRML _D      pKofb      = pKzfb - pKcfb $
FRML _G      pKtae      = 0.008 * (pKcae + pKcfe) $
FRML _G      pKtab      = 0.008 * (pKcab + pKcfb) $
FRML _SJR    log(blcle)  = 10.8477 - 0.847796*log(ydphk2/pcpuxh) +
0.077700*log(pqjtce/pCk) $
FRML _SJR    log(blclb)  = 10.8477 - 0.847796*log(ydphk2/pcpuxh) +
0.077700*log(pqjtc/pCk) $
FRML _D      blce       = (blcle + 1)*blccor $
FRML _D      blcb       = (blclb + 1)*blccor $
FRML _D      kKcze      = (pKcae + pKcfe)/blce $
FRML _D      kKczb      = (pKcab + pKcfb)/blcb $
FRML _D      kKtae      = pKtae/0.8 $
FRML _D      kKtab      = pKtab/0.8 $
FRML _SJR    log(bEtc b) = 1.08909 + 0.742643*(1-0.709081)*(log(pqjtc/pcpuxh)) +
0.709081*log(bEtc b(-1)) $

() bEtce er eksogen og i km/kWh dvs. qLtce er et antal kWh
FRML _D      qLtcb      = kKczb/bEtc b $
FRML _D      qLtce      = kKcze/bEtce $

() 3.6 er omregning fra kWh til TJ og 32.85 er omregning fra liter til TJ
FRML _D      qJtce      = qLtce* 3.6 $
FRML _D      qJtcb      = qLtcb*32.85 $
frml _SJR    log(bEttab) = 0.05698 + 0.083668*(1-.539418)*(log(pqjttaxi/pxtaxi)) +
.00886397*t + .539418*log(bEttab(-1)) $
FRML _D      qLttab     = kKtab/(bEttab) $
FRML _D      qLttae     = kKtae/bEttae $
FRML _D      qJttae     = qLttae * 3.6 $
FRML _D      qJttab     = qLttab*32.85 $

() ----- RISØs model for transport slut -----

```

5. Priser, afgifter, CO₂-kvoter og energibesparelser i EMMA

5.1 Energipriser og afgiftssatser

Priserne i EMMA er blevet ændret, således at de nu er blevet delt op i en markedspris og en bruttopris. Desuden blev markedsprisen før sat til at følge de overordnede energi-priser, men da avancen og energiafgiftssatserne ikke nødvendigvis følger fx verdensmarkedsprisen, sætter vi i nu nettoprisen (og *ikke* markedsprisen) til at følge den overordnede pris.

I energiligningerne indgår den pris forbrugerne betaler for energi, kaldet brutto-energi-prisen $pbqj_{i,j}$, hvor i refererer til energityper og j refererer til Emma's brancher og privat forbrug af energi. Emmas brancher er følgende: *af, ag, al, nf, nk, nm, nq, o, ce, gl, st, e, ng, ne, b, qh, qk, qo, qq, ql, qs, qv, qj, c*.

Udgangspunktet for fremskrivning af priserne er branche og type specifikke netto-priser, udviklingen i verdensmarkedsprisen på kul, olie og gas samt priser på konverterede energityper. Dvs. for den enkelte energitype og forbruger bestemmes nettopriserne:

$$Dlog(pnqj_{i,j}) = Dlog(pn_i) \quad \text{eq 5.1}$$

hvor pn_i er netto-prisen på verdensmarkedet og i konverteringssektoren (i inderholder *ele, ffv, oli, gas, kul, bio*), og som sådan ens for samtlige forbrugere, men forskellig for de enkelte energityper, jf. bilag 3.

For de enkelte kategorier af forbrugere beregnes herefter en "markedspris" ved at tillægge branche og type specifikke afgifter, avancer og momsbelastning, dvs. markedsprisen bestemmes som:

$$pqj_{i,j} = [pnqj_{i,j} + tcqj_{i,j} + teqj_{i,j} + avqj_{i,j}] \cdot (1 + btg_{i,j} \cdot tg) \quad \text{eq 5.2}$$

hvor $pnqj_{i,j}$ er nettoprisen, $tcqj_{i,j}$ og $teqj_{i,j}$ er hhv. en CO₂- og en energiafgift, $avqj_{i,j}$ er avancen, $btg_{i,j}$ er momsbelastningsgraden og tg er momssatsen.

Bruttopriserne i EMMA er markedsprisen for det pågældende erhverv og den aktuelle energitype samt et ekstra led, der angiver CO₂-kvoteafgiften. Dette led bliver udregnet vha. CO₂-kvoteprisen, $pco2$, andelen af erhvervene, der er CO₂-kvoteomfattede, $bco2_{i,j}$ og CO₂-emissionskoefficienten, $bnc_{i,j}$:

$$pbqj_{i,j} = pqj_{i,j} + bco2_{i,j} \cdot bnc_{i,j} \cdot pco2 / 1000000 \quad \text{eq 5.3}$$

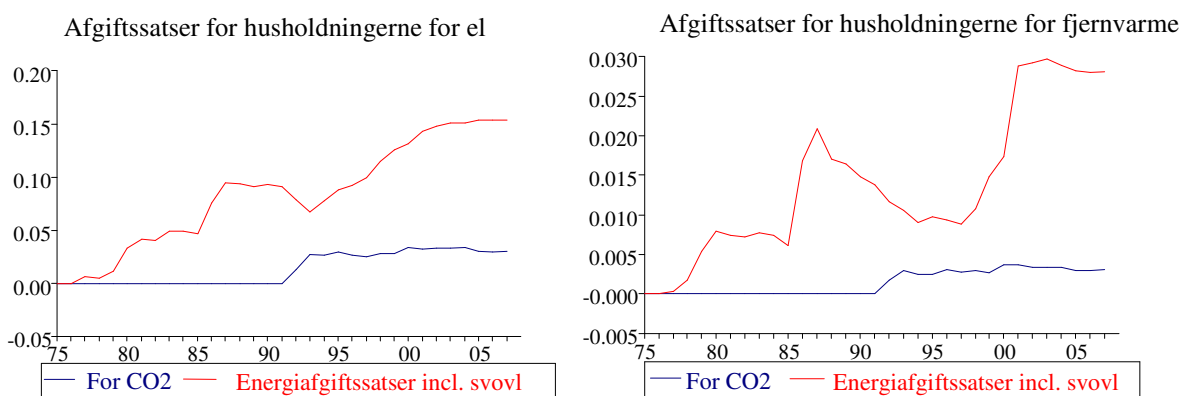
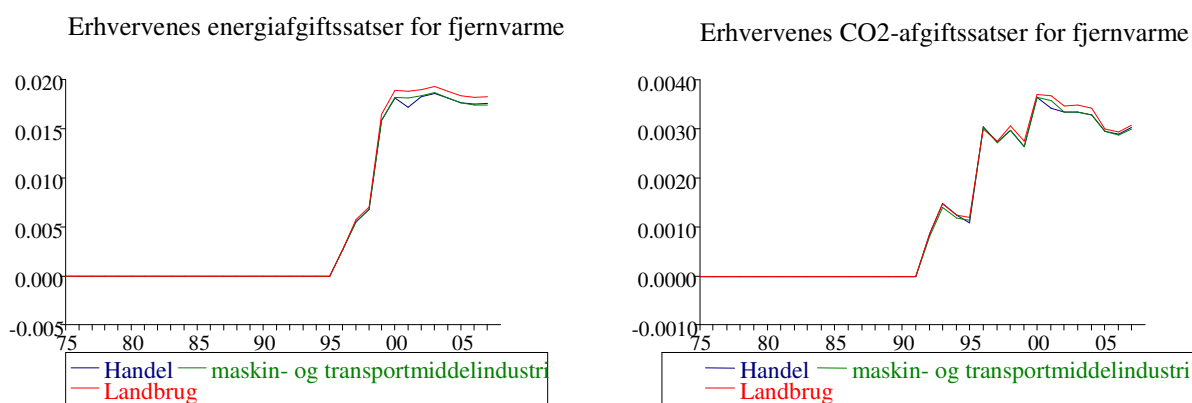
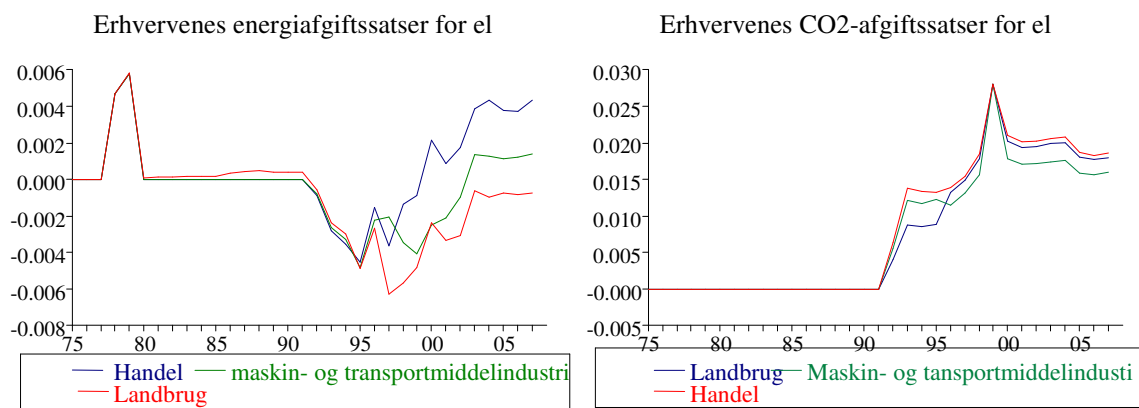
hvor $bco2_{i,j}$ er andelen af branche j 's forbrug af energitype i , der er kvotebelagt.

Aggregerede priser (f.eks. prisen på øvrig energi) der anvendes i ligningerne beregnes som vægtede gennemsnit af de indgående priser, dvs.

$$pbqj[z]_j = \sum_i \frac{qj_{i,j}}{qj[z]_j} \cdot pqj_{i,j} \quad \text{eq 5.4}$$

hvor $pbqj[z]_j$ er prisen på det aggregerede energiforbrug, $qj_{i,j}$ er forbruget af energitype i , $qj[z]_j$ er der aggregerede forbrug, og $pqj_{i,j}$ er prisen på type i .

I de følgende grafer ses energifgiftssatser for denne version af EMMA, der er inkl. svovlafgiften og afgiftssatserne for CO₂. Graferne er delt op efter om afgiften er for erhverv eller husholdninger og om det er afgiften på el eller fjernvarme.



5.2 CO₂-kvoter

Som det fremgår af eq. 5.3 indgår den kvotebelagte andel af erhvervenes energiforbrug i beregningen af bruttoprisen på energi. Historiske beregnes andelen af det kvoteomfattet forbrug i hvert erhverv ved at sammenholde EMMA's samlede energiforbrug for hvert erhverv med oplysninger i Energistyrelsens kvoteregister om virksomhedernes kvoteomfattede energiforbrug.

De anvendte andele ses i skemaet nedenfor. For enkelte kategorier beregnes andele der er større end 1, hvilket skyldes uoverensstemmelser mellem data fra Energistyrelsens kvoteregister og data i EMMA, der er baseret på Danmark Statistiks energimatricer. Disse er i nedenstående tabel markeret med grå baggrund og i modellen sat til 1. El, fjernvarme og transportenergi er ikke kvote-omfattet, og derfor indgår energityperne ikke.

Kvoteomfattet andel	olie	gas	kul	bio
Landbrug (al)	0.01	0.15	0.00	0.19
Fiskeri (af)	0.00	0.00	0.00	0.00
Gartneri (ag)	0.04	1	0.03	0.00
Energiudvinding (e)	1	1	0.00	0.00
Mineralolieindustri (ng)	0.04	0.07	0.00	0.00
Energi- og fjernvarmeforsyning (ne)	0.93	0.38	0.99	0.32
Nærings- og nydelsesmiddel (nf)	0.63	0.52	0.93	0.29
Maskin- og transportmiddelindustri (nm)	0.01	0.26	1	0.00
Jern- og stålværker (st)	0.21	0.99	0.00	0.00
Kemisk industri (nk)	0.20	0.43	1	0.00
Anden fremstilling (nq)	0.17	0.48	0.84	0.42
Fremstilling af cement mv. (ce)	0.99	1	1	1
Glas- og keramisk industri (gl)	0.01	0.78	0.00	0.00
Offentlige tjenester (o)	0.00	0.04	0.00	0.00

I modellen er kvote-andelene eksogene, og som udgangspunkt forudsættes de at være konstante. Det kvoteomfattede forbrug beregnes som:

$$q_{j,i,j}^q = b_{co2,i,j} \cdot q_{j,i,j} \quad \text{eq. 5.5}$$

og det ikke kvoteomfattede forbrug beregnes residualt som:

$$q_{j,i,j}^n = q_{j,i,j} - q_{j,i,j}^q \quad \text{eq 5.6}$$

Danmarks samlede kvoteomfattede energiforbrug og samlet ikke-kvoteomfattet energiforbrug for den pågældende energitype beregnes ved at aggregere de respektive kategorier og kaldes hhv. $q_{j,i}^{dkq}$ og $q_{j,i}^{dkn}$ ¹⁶, og det samlede energiforbrug opdelt på kvote-/ikke-kvotebelagt forbrug kaldes hhv. q_{jz}^{dkq} og q_{jz}^{dkn}

¹⁶ Der regnes ikke aggregater for el, fjernvarme og transportenergi, da disse ikke er kvoteomfattede og derfor altid vil have en værdi på nul.

5.3 Energibesparelser

Eksogene energibesparelser kan lægges ind i EMMA på to forskellige måder

1. ved at addere en besparelses-trend til trend-variableerne ($dtq_{i,j}$)
2. ved at korrigere i det absolutte forbrug (variableerne $dbq_{i,j}$)

hvor i er el, transportenergi og øvrig energi.

Ad. 1. Trend-variable i EMMA

I fremskrivninger betragtes trend-variable (led hvor tiden t indgår, se f.eks. eq. 2.3 eller eq. 3.2) som eksogene variable. Som udgangspunkt (i en basisfremskrivning) sættes trend-led til en fortsættelse af den estimerede trend. Dette betyder, at man forudsætter, at hidtidige ændringer, der ikke forklares af øvrige forklarende variable, fortsætter i fremtiden. Implicit forudsættes herved, at strukturforandringer og besparelsesinitiativer fortsætter som i estimationsperioden eller som i de seneste år. Forventes f.eks. en ændret besparelsesindsats, kan trenden i fremskrivningen ændres, dvs. der forventes en anden årlig ændring i energi-effektiviteten end den hidtil observerede. I praksis bestemmes trend-variable ved følgende 3 trendled:

$$dtq_{i,j} = dtq_{i,j}s + dtq_{i,j}h + dtq_{i,j}o \quad \text{eq. 5.7}$$

hvor $dtq_{i,j}$ er den samlede trend (målt som den årlige procentvise ændringer i energi-effektiviteten), $dtq_{i,j}s$ er effekten af hidtidige strukturændringer, $dtq_{i,j}h$ er resten af den estimerede historiske trend og $dtq_{i,j}o$ er effekten af ændringer i besparelsesinitiativer. $dtq_{i,j}s + dtq_{i,j}h$ kommer således fra de estimerede ligninger, mens $dtq_{i,j}o$ indeholder den eksogene vurdering af besparelsesinitiativer.

Ad. 2. Korrektioner i det absolutte forbrug

Haves vurderinger af absolutte besparelser som følge af specifikke ændringer i f.eks. en produktionsproces kan dette indlægges i variableerne $dbq_{i,j}$, der er niveauvariable målt i TJ. Energiforbruget i Emma beregnes efterfølgende som:

$$q_{i,j} = q_{i,j}0 - dbq_{i,j} \quad \text{eq. 5.8}$$

hvor $q_{i,j}0$ er energiforbruget bestemt ud fra de estimerede ligninger inkl. trendmæssige besparelser, der er inkluderet i $dtq_{i,j}$.

5.4 Andre ændringer

Ændringer de nye bruttopriser medfører

Som følge af de nye bruttopriser er der sket nogle yderligere ændringer i EMMA.

I ligningerne for de langsigtede prisrelationer er markedsprisen blevet udskiftet med den nye bruttopris. Dette gælder både for el og for øvrig energi i erhvervene *al*, *nf*, *nm*, *nk*, *nq*, *b*, *qh*, *qk*, *qo*, *qq*, *o*:

$$\log(qje_j w) = -\log(dtqje_j) + \log(fx_j_{EMMA}) - a_1 \cdot \log(pbgje_j/px_j_{EMMA}/dtqje_j) - a_2 \cdot \log(pboqj_j/px_j_{EMMA}/dtqjo_j) - a_3$$

$$\begin{aligned} \log(qjo_j w) = & -\log(dtqjo_j) + \log(fx_j_{EMMA}) - b_1 \cdot bsh_j \\ & \cdot \log(pbgje_j/px_j_{EMMA}/dtqje_j) - b_2 \cdot \log(pboqj_j/px_j_{EMMA}/dtqjo_j) \\ & + b_3 \cdot \log(graddag) - b_4 \end{aligned}$$

Markedspriserne, der før indgik i relationerne for det langsigtede energiforbrug for transportenergi, er også blevet udskiftet med bruttopriser. Dette gælder for erhvervene *af*, *al*, *nf*, *nm*, *nq*, *nk*, *b*, *qh*, *qk*, *qo*, *qq*, *o*, *qs*, *qj*, *ql*, *qv*:

$$\log(qjt_j w) = \log(dtqjt_j) + \log(fx_j_{EMMA}) - c_1 \cdot \log(pbgjt_j/dtqjt_j/px_j_{EMMA}) - c_2$$

Også den aggregerede pris for transporterhvervene *qj*, *qs*, *ql*, *qv* benytter den nye bruttopris:

$$pbqj[z]_j = \sum_i qj_{i,j} / qj[z]_j \cdot pqj_{i,j} \quad \text{eq 5.4}$$

hvor $pbqj[z]_j$ er prisen på det aggregerede energiforbrug, $qj_{i,j}$ er forbruget af energitype $i=e, f, g, h, s, t, b$, $qj[z]_j$ er der aggregerede forbrug, og $pqj_{i,j}$ er prisen på type i .

Ændringer i brændselssubstitutionssystem

Brændselssubstitutionssystem var før baseret på markedspriserne $pqj_{i,j}$, men efter indførelsen af det nye prissystem er det mere hensigtsmæssigt at benytte bruttopriserne $pbqj_{i,j}$. Det nye system ser ud som følger, hvor bruttopriserne er understøttet (her er ligningerne stillet op for EMMA-branchen *qq*):

```
( ) FORDELING PÅ FEM ARTER, GAMMELT SYSTEM
FRML _I      qJgQQ1      = bqjgQQ*qJoQQ $
FRML _I      qJhQQ1      = bqjhQQ*qJoQQ $
FRML _I      qJsQQ1      = bqjsQQ*qJoQQ $
FRML _I      qJbQQ1      = bqjbQQ*qJoQQ $
FRML _I      qJfQQ1      = qJoQQ-qJgQQ1-qJhQQ1-qJsQQ1-qJbQQ1 $

( ) FORDELING PÅ FEM ARTER, NYT SYSTEM
FRML _GJR    qJ3QQ      = qJ3QQ(-1)/qJhQQ2(-1)*qJoQQ*exp(-bsig4QQ*dlog(pbqj3QQ/pbqjhQQ))
                / (1+qJ3QQ(-1)/qJhQQ2(-1)*exp(-bsig4QQ*dlog(pbqj3QQ/pbqjhQQ))) $
FRML _I      qJhQQ2      = qJoQQ-qJ3QQ $
FRML _GJR    qJ1QQ      = qJ1QQ(-1)/qJ2QQ(-1)*qJ3QQ*exp(-bsig3QQ*dlog(pbqj1QQ/pbqj2QQ))
                / (1+qJ1QQ(-1)/qJ2QQ(-1)*exp(-bsig3QQ*dlog(pbqj1QQ/pbqj2QQ))) $
```

```

FRML _I   qJ2QQ      =   qJ3QQ-qJ1QQ $
FRML _GJR qJgQQ2    =   qJgQQ2(-1)/qJfQQ2(-1)*qJ1QQ*exp(-bsig1QQ*dlog(pbqjgQQ/pbqjfQQ))
                                     / (1+qJgQQ2(-1)/qJfQQ2(-1)*exp(-bsig1QQ*dlog(pbqjgQQ/pbqjfQQ))) $
FRML _I   qJfQQ2    =   qJ1QQ-qJgQQ2 $
FRML _GJR qJsQQ2    =   qJsQQ2(-1)/qJbQQ2(-1)*qJ2QQ*exp(-bsig2QQ*dlog(pbqjsQQ/pbqjbQQ))
                                     / (1+qJsQQ2(-1)/qJbQQ2(-1)*exp(-bsig2QQ*dlog(pbqjsQQ/pbqjbQQ))) $
FRML _I   qJbQQ2    =   qJ2QQ-qJsQQ2 $
FRML _I   pbqj1QQ   =   (pbqjgQQ*qJgQQ2+pbqjfQQ*qJfQQ2)/qJ1QQ $
FRML _I   pbqj2QQ   =   (pbqjsQQ*qJsQQ2+pbqjbQQ*qJbQQ2)/qJ2QQ $
FRML _I   pbqj3QQ   =   (pbqj1QQ*qJ1QQ+pbqj2QQ*qJ2QQ)/qJ3QQ $

```

() SAMLET SYSTEM

```

FRML _I   qJgQQ      =   (1-dsubsys)*qJgQQ1 + dsubsys*qJgQQ2 $
FRML _I   qJhQQ      =   (1-dsubsys)*qJhQQ1 + dsubsys*qJhQQ2 $
FRML _I   qJsQQ      =   (1-dsubsys)*qJsQQ1 + dsubsys*qJsQQ2 $
FRML _I   qJfQQ      =   (1-dsubsys)*qJfQQ1 + dsubsys*qJfQQ2 $
FRML _I   qJbQQ      =   (1-dsubsys)*qJbQQ1 + dsubsys*qJbQQ2 $

```

6. Kobling fra EMMA til ADAM

EMMA tager umiddelbart en række makrovariable for givne, dvs. f.eks. produktionsværdier i erhvervene, husholdningernes makroforbrug, priserne på disse mv. Men spørgsmålet er selvfølgelig, om man kan tillade sig at holde produktion og priser mv. konstante i ADAM, givet at EMMA har sit eget syn på dele af ADAM (bl.a. energiforbrug, -priser og -afgifter)?

Det er klart, at EMMA er langt mere underopdelt mht. energi end ADAM, men der findes trods alt variabler for samlet energiforbrug i ADAMs erhverv og husholdninger (og priser og afgifter mht. disse), ligesom der findes et rudimentært energiforsyningserhverv i ADAM mht. el, gas og fjernvarme (som er aggregeret til én vare). Øvelsen her går således ud på at lægge så meget viden som muligt fra EMMA over i ADAM mht. energiforbrug, -priser og -afgifter, for på den måde at få eventuelle tilbagespilseffekter med i EMMA.

Da ADAM har en lidt anden afgrænsning af erhvervene og energiforbruget (og i øvrigt regner sidstnævnte i faste priser i mio. kr og ikke i TJ), er det ikke muligt at lave en fuldkommen vandtæt oversættelse af EMMA-variabler til tilsvarende mere aggregerede ADAM-variabler. Men man kan komme forholdsvist tæt på, for EMMA's datagrundlag er (ligesom ADAMs) trods alt energimatricerne, som er en del af Nationalregnskabet. Eksempelvis passer EMMA's samlede energiafgifter i mio. kr med ADAMs tilsvarende – stort set ned til sidste krone.

De største udfordringer ligger i at afspejle alle EMMA's syv energityper så godt som muligt i ADAM. For biomasse er der et specielt problem, fordi biomasse slet ikke henregnes som energiforbrug i ADAM (dvs. at biomasse ikke er med i ADAMs *fVe'er*, som defineres som leverancer fra ADAMs energierhverv samt import af olie, gas og kul). Man kan udtrykke det på den måde, at man forsøger at fordele denne liste af energityper (EMMA):

- benzin (*t*)
- el (*e*)
- gas (*g*)
- fjernvarme (*h*)
- kul (*s*)
- olie (*f*)
- biomasse (*b*)

ud på denne liste af energityper (ADAM):

- indenlandsk benzin/olie (*ng*)
- indenlandsk el/gas/fjernvarme (*ne*)
- importeret benzin/olie (*m3q*)
- importeret kul (*m3k*)

Som det ses, mangler biomassen i ADAM-listen, men udover dette kan man godt få det til at passe sammen. Det gøres ved at aggregere benzin og olie i EMMA-listen og bruge aggregatet til at sige noget om leverancen fra *ng* og *m3q* i ADAM. Dernæst aggregeres *e*, *g* og *h* i EMMA-listen og bruges til at sige noget om leverancen fra *ne* i ADAM. Med hensyn til kul er der direkte korrespondens, men det er jo klart at der mistes noget information i overgangen til ADAM, især mht. at el, gas og fjernvarme slås sammen til én leverance (der er tale om ret heterogene energityper). På den anden side er ADAMs energiforsyningssektor (*ne*-erhvervet) alligevel så rudimentært modelleret, at man i seriøse anvendelser ofte vil indlægge resultater fra f.eks. Ramses eller Balmorel i stedet.

Med hensyn til biomasse er der et udviklingsprojekt i at finde ud af, hvordan man får EMMA's qJb -variabler til at trække på ADAM's landbrugsproduktion. Man er nødt til at finde ud af, hvor meget biomasseproduktionen udgør af den samlede landbrugsproduktion, og så lade denne del være afhængig af EMMA's biomasseforbrug. Desuden er der spørgsmålet om at finde ud af, hvad der egl. ligger i EMMA-energitypen b .¹⁷

Med dette som indgangsbøn gennemgås koblingsligningerne i det følgende.

Kobling af overordnet energiforbrug

I ADAM har to af forbrugskomponenterne med energi at gøre, nemlig fCe (energi som ikke er benzin, dvs. el og varme) samt fCg (benzin). Derfor kan husholdningerne laves på følgende måde:

```
frml _i dfce = 1 $
frml _i dlog(zfce) = dlog(qjec + qjoc) $
```

Her sættes en eksogeniseringsdummy $DfCe = 1$, hvorved ADAM's ligning for fCe slås fra og kan "fjernstyres" med variabelen $ZfCe$. Mht. sidstnævnte sættes væksten i denne lig væksten i $qJec + qJoc$ (dvs. EMMA's samlede ikke-transportenergiforbrug).

```
frml _i dfcg = 1 $
frml _i dlog(zfcg) = dlog(qjtc) $
frml _i dfcgw = 1 $
frml _i dlog(zfcgw) = dlog(qjtcw) $
```

Her eksogeniseres ADAM's ligninger for husholdningernes benzinforsøg (fCg og $fCgw$) og sættes til at følge ($qJtc$ og $qJtcw$). At også de ønskede størrelser (w -variabler) sættes til at følge hinanden er mest af æstetiske grunde.

Med hensyn til erhvervenes samlede energiforbrug i ADAM er der det problem, at erhvervene i ADAM og EMMA er defineret forskelligt. Der er dog en vis form for kongruens, og typisk vil et erhverv enten korrespondere næsten, eller også kan et antal EMMA-erhverv summe ca. op til et givet ADAM-erhverv eller vice versa. For eksempel udgøres EMMA's nm -erhverv ca. af ADAM's nm - og nt -erhverv, så de sidstnævnte laves på denne måde:

```
( ) ADAM-nm afhænger af EMMA-nm
frml _i dfvenm = 1 $
frml _i dlog(zfvenm) = dlog(qjznm) $
frml _i dfvenmw1 = 1 $
frml _i dlog(zfvenmw1) = dlog(qjznmw) $
( ) ADAM-nt afhænger af EMMA-nm
frml _i dfvent = 1 $
frml _i dlog(zfvent) = dlog(qjznm) $
frml _i dfventw1 = 1 $
frml _i dlog(zfventw1) = dlog(qjznmw) $
```

Altså sættes ADAM's $fVenm$ samt $fVent$ til at følge EMMA's $qJznm$ i relative ændringer (og ditto vedr. de langsigtede størrelser – igen mest af æstetiske grunde).

¹⁷ Det meste vindkraft må vel ligge implicit i EMMA's elforbrug, hvor det er et spørgsmål om hvordan denne el er produceret (i forsyningssektoren). Men er der noget privat vindkraft, vandkraft, biogas eller andet i EMMA-type b , som der bør tages stilling til – eller kan det forstås som ren biomasse?

Et andet eksempel kunne være ADAMs landbrug, som udgøres af tre EMMA-erhverv:

```
() ADAM-a afhænger af EMMA-af+ag+al
() w-variabler findes ikke for af og ag
frml _i dfvea = 1 $
frml _i dlog(zfvea) = dlog(qjzaf + qjzag + qjzal)) $
frml _i dfveaw1 = 1 $
frml _i dlog(zfveaw1) = dlog(qjzaf + qjzag + qjzalw) $
```

Altså sættes ADAMs *fVea* til at følge summen af EMMAs *qJzaf*, *qJzag* og *qJzal* (fiskeri, gartneri og EMMA-landbrug). Tilsvarende for ønskede værdier (der er dog kun ønskede værdier for *qJzal*).

På den måde laves ADAMs energiforbrug i erhvervene (*fVe'er*); se evt. sidst i afsnittet, hvor alle koblingsligningerne er oplyst.¹⁸

Kobling af afgifter

Det næste spørgsmål er energiafgifter, hvor der først konstrueres nogle h jpevariabler vedr. EMMA-energiafgifter i mio. kr. på følgende måde (vedr. ADAMs *fCe* hhv. *fCg*)

```
frml _i sipe_emma = (tcqjeC+teqjeC)*qjec
                  +(tcqjgC+teqjgC)*qjgc
                  +(tcqjhC+teqjhC)*qjhc
                  +(tcqjsC+teqjsC)*qjsc
                    +(tcqjfc+teqjfc)*qjfc
                  +(tcqjbc+teqjbc)*qjbc $
frml _i sipg_emma = (tcqjtC+teqjtC)*qjtc $
```

I EMMA er afgifterne delt op på om de har med CO₂ af gøre eller ej (*tcqje'er* eller *teqje'er*). For *nm*-erhvervet ser afgiftsprovenuet således ud:

```
frml _i sipvenm_emma = (tcqjtnm + teqjtnm)*qjtnm
                    +(tcqjenm + teqjenm)*qjenm
                    +(tcqjgnm + teqjgnm)*qjgnm
                    +(tcqjhnem + teqjhnem)*qjhnem
                    +(tcqjsnm + teqjsnm)*qjsnm
                    +(tcqjfnm + teqjfnm)*qjfnm
                    +(tcqjbnm + teqjbnm)*qjbnm $
```

I ADAM er energiafgifterne vedr. *fCe*, *fCg* og *fVenm* givet som *tpe*fCe*, *tpg*fCg* hhv. *tvenm*fVenm* – altså som simple makro-afgiftssatser ganget på ADAM-energiforbrugene. Derfor beregnes i koblingsmodulet:

```
frml _i tpe = sipe_emma/fCe $
frml _i tpg = sipg_emma/fCg $
frml _i tvenm = (sipvenm_emma+sipvest_emma)/fvenm $
```

På den måde vil der gælde, at energiafgifts-provenuerne kommer til at stemme mellem de to modeller. I den sidste ligning er EMMA-erhverv *st* med (stålværker).¹⁹

¹⁸ Der er naturligvis et teoretisk problem i forhold til at koble energiforbrug målt i mio. kr i faste priser og energiforbrug målt i TJ sammen, men det vurderes at en mere forfined kobling ville være at skyde lidt over målet mht. at holde koblingerne simple. I givet fald skulle man forsøge at vægte EMMAs energityper sammen ud fra relative energipriser, men det ville være et lidt besværligt arbejde, og det er spørgsmålet om det ville flytte nok på resultatet til at retfærdiggøre besværet.

Man kan i øvrigt spørge sig selv, om finfordelingen af energiafgifter fra EMMA til ADAM egl. er så nødvendig, for hvor indgår en variabel som f.eks. *tvenm* egl. i ADAM? Svaret er at den indgår i energiprisen *pvenm*, samt i afgiftsprovenuene, men det er det hele. Da ADAMs energiligninger alligevel er kortsluttede, er *pvenm* principielt ligegyldig mht. energiforbruget i ADAM, så den egentlige effekt af EMMAs energiafgifter er på den offentlige saldo (samt erhvervenes omkostninger og dermed konkurrenceevnen) og ikke på ADAMs energiforbrug. Dette er mest for at sige, at den helt nøjagtige fordeling af EMMAs samlede energiafgifter ud på ADAM-erhverv og ADAM-forbrug er mindre vigtig end den samlede sum af energiafgifterne i EMMA (som bestemt er vigtig i en ADAM-kørsel).

Kobling af energipriser

ADAM har nogle overordnede energipriser, som bør følge de tilsvarende i EMMA. Der eksogeniseres følgende:

```
frml _i dpm3q = 1 $
frml _i dlog(zpm3r) = dlog(pnoli) $
frml _i dpm3k = 1 $
frml _i dlog(zpm3k) = dlog(pnkul) $
frml _i dpm3r = 1 $
frml _i dlog(zpm3q) = dlog(pnoli) $
```

ADAM-importprisen på råolie (*pm3r*) og forarbejdede olieprodukter (*pm3q*) sættes til at følge EMMAs *pnoli* (den overordnede oliepris). ADAMs importpris vedr. kul (*pm3k*) sættes til at følge EMMAs overordnede kulpris (*pnkul*).

Det er vanskeligere med ADAMs energiforsyningssektor, hvor der er følgende kobling:

```
frml _i dpxne = 1 $
frml _i dlog(zpxne) = 0.35*dlog(pnele) + 0.35*dlog(pnfjv) + 0.30*dlog(pngas) $
```

Altså sættes ADAMs *pxne* til at følge et vægtet gennemsnit af væksten i EMMA-priserne på el, fjernvarme og gas (*pnele*, *pnfjv* og *pngas*). Disse vægte bør sættes til noget realistisk, ud fra el-, fjernvarme- og gasforbruget – indtil videre får de hver ca. 1/3 vægt. Hvis man kører med en energiforsyningsmodel som Ramses eller Balmorel, skal ADAMs pris vedr. energiforsyning tages derfra. I en koblet model har ADAMs *pxne* ikke betydning mht. ADAMs energiforbrug, da disse alligevel er kortsluttede (EMMAs ligninger overskriver ADAMs). Til gengæld har *pxne* betydning for erhvervenes omkostninger og dermed konkurrenceevnen, så den er bestemt ikke ligegyldig.

Kobling af i-o-koefficienter

Ovenfor er der sket en kobling af det overordnede energiforbrug i ADAM, så det stemmer så godt som muligt med EMMAs. Men selv om der for f.eks. *nm*-erhvervet kun er ét energiforbrug i ADAM (*fVenn*), så kan dette faktisk godt underopdeles i ADAM – fordi det er opgjort som nogle leverancer fra energierhverv plus -import. I ADAM er der følgende i-o-koefficienter mht. energi i *nm*-erhvervet: *angnm*, *anenm* og *am3qnm*. Det vil sige leverancer

¹⁹ Der er foretaget det shortcut at energiafgiften vedr. EMMAs *nm* udelukkende tilfalder ADAMs *nm*, selv om EMMAs *nm* faktisk også inkluderer ADAMs *nt*-erhverv. Et bedre alternativ til dette kunne være at dele ud på ADAMs *nm* og *nt* vha. en fordelingsnøgle (ud fra deres relative størrelse).

fra olieraffinaderier (*ng*), energiforsyningssektoren (*ne*) samt import af forarbejdede olieprodukter (*m3q*). Den relative størrelse af disse burde afspejle det relative forhold mellem EMMA's 7 energityper.

Pt. er koblingen af i-o-koefficienter slået fra, da det ville kræve nogen tid at gå et sådant system efter mht. om det fungerer efter hensigten. Grunden til at det er lidt besværligt er, at ADAMs i-o-koefficienter ikke bare er eksogene, men bl.a. indeholder importsubstitution. F.eks. konkurrerer koefficienterne *angnm* og *am3qnm* med hinanden, ud fra prisen på indenlandske leverancer af benzin i forhold til import af benzin. Desuden gælder der for erhvervene, at energi-i-o-koefficienterne afhænger af energiforbruget (dvs. at summen af *angnm*, *anenm* og *am3qnm* afhænger af udviklingen i *fVnm/fXnm*, svarende til den samlede energi-andel for *nm*). Alt dette komplicerer justeringen af disse i-o-koefficienter.

Det som skal til er formentlig følgende skitse (her for ADAMs *fCe*, dvs. husholdningernes el- og varmekonsum).

```
frml _i dlog(anece) = dlog((qJec+qJgc+qJhc)/fCe) $
```

Dette er leverancen fra energiforsyning til *fCe*. Denne er særligt nem at lave, da den er eksogen fordi der ikke er nogen importsubstitution her, så koefficienten sættes til at følge en brøk med EMMA's el, gas, varme i tælleren og ADAMs *fCe* i nævneren.

```
frml _i dlog(angce_emma) = dlog(qJfc/fCe) $
frml _i JDangce = diff(angce_emma) $
```

```
frml _i dlog(am3qce_emma) = dlog(qJfc/fCe) $
frml _i JDam3qce = diff(am3qce_emma) $
```

Mht. import og indenlandsk produktion af olie til husholdningerne (fyringsolie o.lign.) laves først nogle bud på hvad *angce* og *am3qce* skal ændre sig med, hvilket afhænger af udviklingen i brøken *qJfc/fCe*. Da *angce* og *am3qce* er endogene i ADAM, skal selve ændringen foretages vha. nogle JD-led. Dette er formentlig måden at gøre det på, men som sagt vil det være tidskrævende at teste at det rent faktisk virker efter hensigten.

Kobling af investeringer

Der foretages ingen koblinger af denne art, eftersom EMMA ikke siger noget om (energi)investeringerne. Der findes ganske vist mål for husholdningsapparater, køretøjer mv. i EMMA, men der findes f.eks. ikke nogen egentlig kapital i erhvervene i EMMA, som eventuelle teknologier kunne bygges ind i, eller hvor der kunne være substitutionseffekter i relation til energiforbruget.

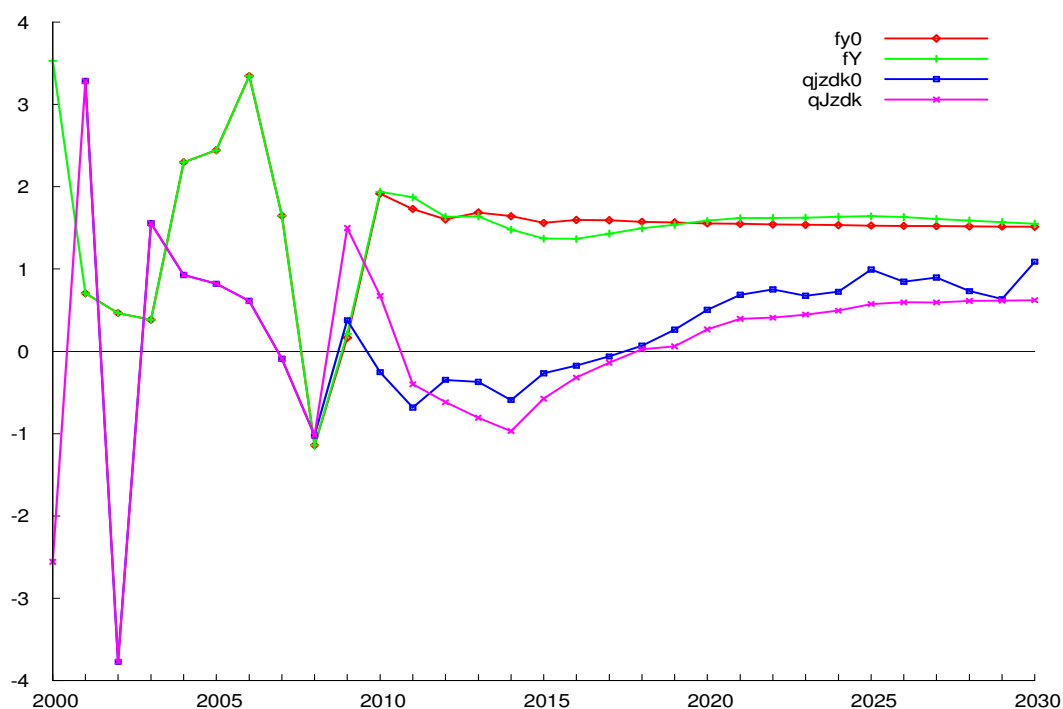
På længere sigt er det naturligvis interessant at se på spørgsmålet om, hvordan man egl. forestiller sig energibesparelser mht. investeringssiden i økonomien. Når dette er blevet bedre belyst, ville det bestemt være relevant at lægge sådanne effekter på investeringerne ind i ADAM (herunder også investeringer i forsyningssektoren).

Resultater

I det følgende foretages nogle eksperimenter med den koblede ADAM/EMMA, for at kunne tilvejebringe et billede af, hvor meget det egl. betyder.

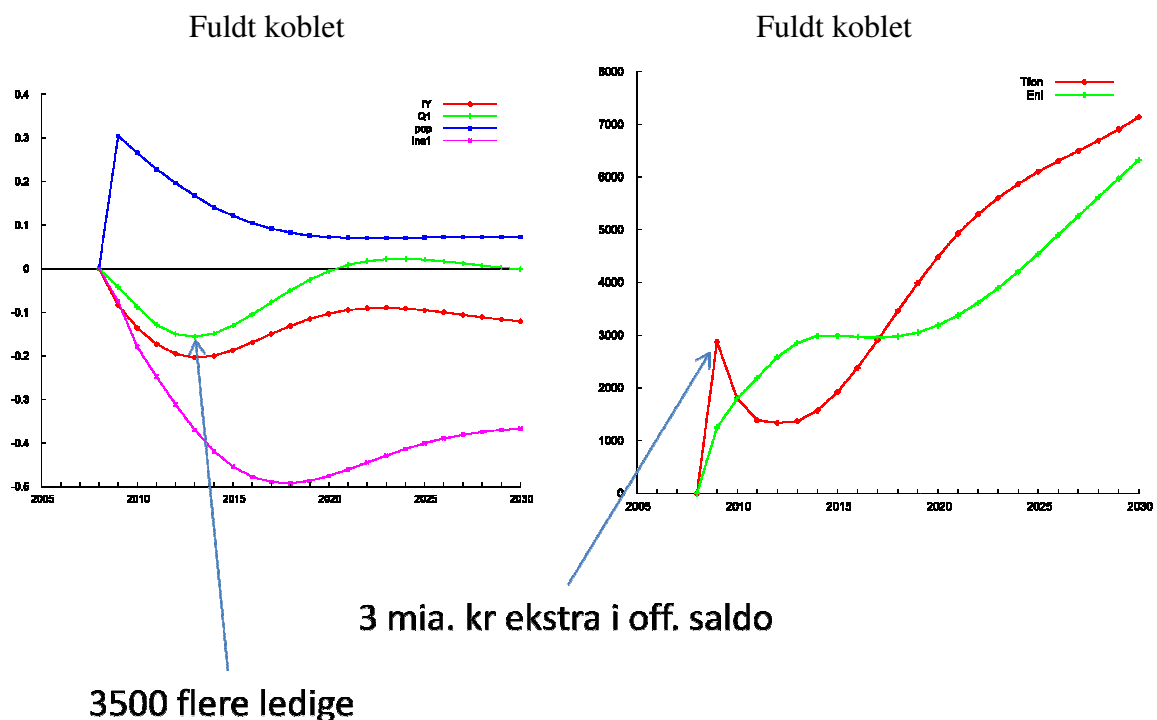
Der kobles ADAM apr08-versionen (med lang fremskrivning) og EMMA09 (med seneste kørsel), og det hele simuleres som én stor model i Gekko. Når der simuleres fra 2009 fås følgende vækstrater i ADAMs samlede produktion (fY) hhv. EMMA's samlede energiforbrug ($qJzdk$). I grafen står suffix '0' for de oprindelige værdier i de to databanker, og det ses at der ikke er den store forskel på vækstraten i fY , mens der er lidt mere forskel på $qJzdk$ (dog heller ikke det helt store). Når man sætter to modeller og to kørsler sammen, kan man ikke undgå at begge kørsler rykker sig, men der er i hvert fald ikke tale om alarmerende forskelle, hvilket selvfølgelig hænger sammen med, at tilbagespillet fra EMMA til ADAM trods alt er beskedent, da energien kun udgør et par procent af erhvervenes omkostninger (og under 10% af husholdningernes).

Figur 6.1. Påvirkning af grundkørsel



I dette grundforløb kan man foretage multiplikatoreksperimenter for at se betydningen af tilbagespilleffekterne fra EMMA til ADAM (og tilbage til EMMA). Eksempelvis kan man forsøge at hæve energiafgifterne i EMMA med 10%.

Figur 6.2. Forøgede energiafgifter, påvirkninger af ADAM-variabler

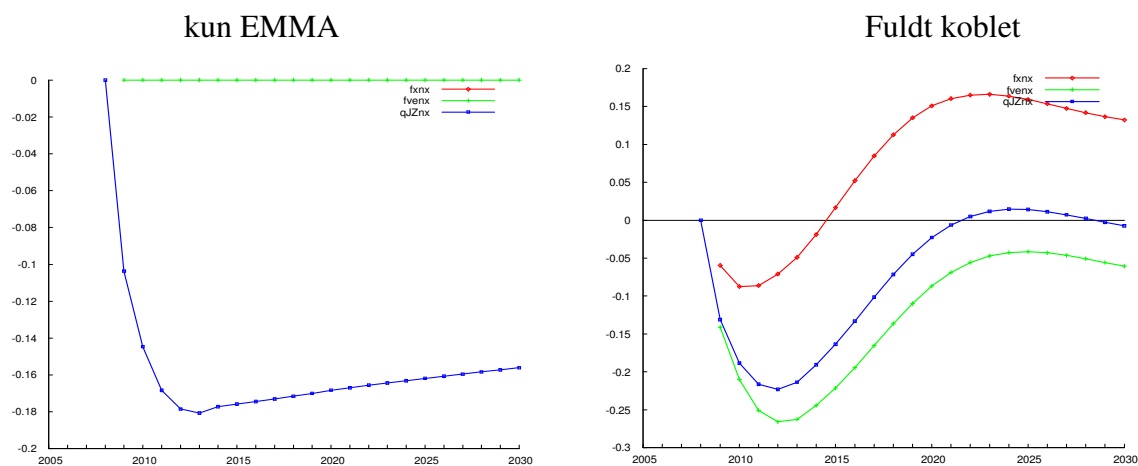


I ADAM giver energiafgiftsstigningen en umiddelbar stigning i forbrugerpriserne (*pcp*) på omkring 0.3%, hvilket bl.a. i kraft af en konkurrenceevneforværring får beskæftigelsen til at begynde at falde. Den faldende beskæftigelse trækker lønnen (*lna1*) ned med ca. 0.5% i 2018 (hvilket er med til at trække forbrugerpriserne tilbage mod nul). Faldet i lønningerne får gradvist beskæftigelsen (*Q1*) til at falde tilbage mod nul, efter et fald på ca. 0.15% (svarende til ca. 3500 flere ledige) i 2015. Produktionen falder også, primært som følge af konkurrenceevneforværringen, og det største fald registreres omkring 2013, hvor faldet nærmer sig 0.2%.

I den højre figur ses det, at den offentlige saldo (*Tfon*) forbedres kraftigt med ca. 3 mia. kr i det første år, og betalingsbalancen (*Enl*) udviser også et positivt forløb. At man får en sådan opbremsning i økonomien hænger – udover konkurrenceevneforværringen – naturligvis også sammen med, at eksperimentet er finanspolitisk kontraktivt, eftersom der kræves flere afgifter op uden at disse midler gives tilbage andre steder.

Mht. EMMA er det mest produktion, forbrug og priser i ADAM, som har interesse, da det er disse som er med til at trække energiforbruget i EMMA.

Figur 6.3. Energiforbrug i fremstillingserhverv i EMMA

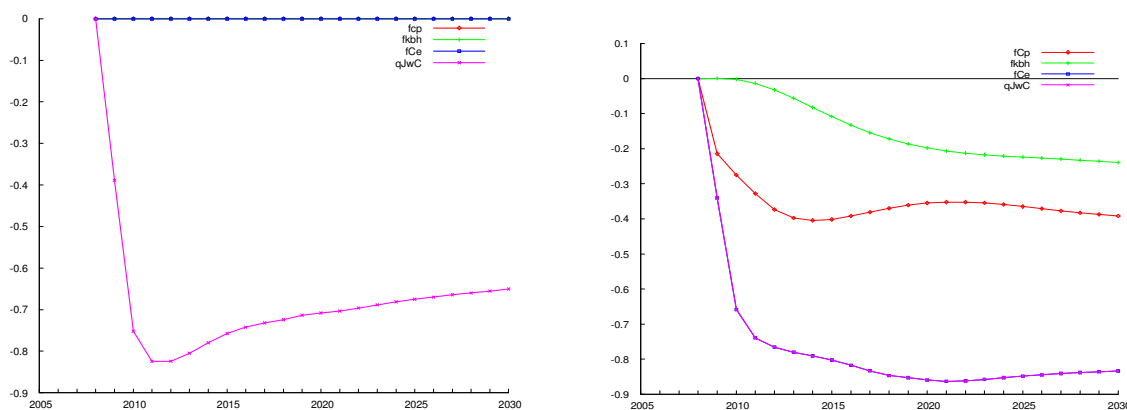


Ovenstående figur viser effekten på det samlede energiforbrug i fremstillingserhverv i EMMA. Hvis ADAM ikke kobles med, fås resultatet i den venstre figur, hvor energiforbruget ($qJznx$) efter nogle år falder med ca. 0.18%, mens energiforbrug og produktion ($fVenx$ og $fXnx$) i fremstillingserhverv i ADAM ikke bevæger sig (ADAM er jo ikke koblet med). Hvis ADAM kobles med, fås at produktionen (den røde) i ADAM falder i de første år og dermed trækker EMMA-energiforbruget (den blå) ned på omkring -0.22% efter nogle år, hvorefter effekten svinger tilbage mod nul, fordi ADAMs produktion stiger (i den højre figur svarer afstanden mellem den røde og blå linje ca. til de -0.18% i den venstre figur). Så her fås altså en væsentligt anderledes effekt på langt sigt, når ADAM kobles med. At ADAMs produktion i fremstillingserhvervene stiger på mellemlangt sigt i dette eksperiment hænger formentlig sammen med et skift i forbrugssammensætningen i ADAM (for serviceerhverv ser det anderledes ud: dér falder produktionen på både kort og mellemlangt sigt).

I den højre figur er de blå og de grønne kurver ikke helt sammenfaldende (på trods af at ADAMs ligninger (de grønne) er koblet til EMMA's (de blå)), hvilket skyldes at figuren er et aggregat over samlede fremstillingserhverv.

Et andet eksempel kunne være husholdningernes el- og varmemeforbrug i EMMA ($qJwc$), hvor der først ses en multiplikator uden ADAM (til venstre), og derefter med ADAM (til højre):

Figur 6.4. El- og varmemeforbrug i husholdningerne i EMMA



I den venstre figur fås en effekt på omkring -0.8% efter nogle år – med en tendens til at falde lidt tilbage mod -0.6% på længere sigt. I den højre figur ses at effekten nu holder sig nede på ca. -0.8% på længere sigt. Dette skyldes at det i høj grad er ADAM boligbeholdning, som trækker EMMAs varmekonsum (som udtryk for antallet af kvadratmetre), og ADAMs boligbeholdning falder i eksperimentet (den grønne kurve) med omkring 0.25% på længere sigt. Denne afledte ”indkomsteffekt” udover den direkte pris-effekt trækker derfor EMMAs varmekonsum nedad, i forhold til hvis der ikke kobles.

Dette var eksempler på, hvordan makroøkonomiske størrelser i ADAM kan have tilbagevirkninger på EMMA. Det kan jo i sig selv være interessant, for hvis f.eks. energiforbruget (som ikke tilbageføres) virker kontraktivt, vil dette jo i sig selv give en ekstra reduktion i energiforbruget i EMMA (via produktion mv.). Desuden kan ADAM-tallene bestemt også have selvstændig interesse i forbindelse med politisk prioritering af forskellige tiltag. Her kan det være vigtigt at have en iden om påvirkningen af ledighed, vækst, betalingsbalance, offentlige budgetter mm.

7. Elasticiteter, multiplikatorer mv. i EMMA

I denne EMMA-version fås følgende aggregerede priselasticiteter, hvis Emma simuleres som eftermodel til Adam.

Tabel 7.1. Samlede elasticiteter i Emma som eftermodel til Adam.

	Erhverv			Husholdninger	
	Produktion	Pris		Indkomst	Pris
				gl/ny	gl/ny
Transport	1	-0.22		1 (nkbc)/0.83	-0.42/-0.48
		P_{el}	$P_{\text{øvrig}}$	App/hush	App/hush
El	1	-0.15	0.05	1.0/0.4+d(husstande)	-0.31/-0.13
Øvrig energi	1	0.04	-0.15	1.0 (m ²)	-0.36

Når der simuleres med den samlede model fås følgende priselasticiteter, hvor erhverv samlet er den aggregerede priselasticitet,

Tabel 7.2 Priselasticiteter i EMMA

	Energi	Kort sigt		Langt sigt	
		El	Øvrig	El	Øvrig
Landbrug, skovbrug mv. (al)	El	-0,0693	-0,0143	-0,1313	-0,0270
	Øvrig	-0,0063	-0,0759	-0,0270	-0,1301
	Transport	0		0	
Fiskeri (af)	Transport	-0,0755		-0,2141	
Næringsmiddelindustri (nf)	El	-0,0476	-0,0050	-0,1107	-0,0115
	Øvrig	-0,0040	-0,0785	-0,0115	-0,1863
	Transport	0		0	
Jern- og metalindustri (nm)	El	-0,0219	0,0299	-0,0732	0,1000
	Øvrig	0,0296	-0,0503	0,1000	-0,2077
	Transport	-0,1737		-0,4345	
Kemisk industri (nk)	El	0	0	0	0
	Øvrig	0	0	0	0
	Transport	-0,0985		-0,4926	
Anden fremstillingsvirksomhed (nq)	El	-0,0432	0,0182	-0,2374	0,1000
	Øvrig	0,0411	-0,0795	0,1000	-0,1949
	Transport	-0,1514		-0,4049	
Bygge- og anlægsvirksomhed (b)	El	-0,0375	0,0043	-0,1579	0,0182
	Øvrig	0,0029	-0,0913	0,0182	-0,1444
	Transport	-0,1375		-0,3261	
Handel (qh)	El	0	0	0	0
	Øvrig	0	0	0	0
	Transport	-0,1199		-0,2817	
Kontorer, herunder finansiel sektor (qk)	El	-0,0317	-0,0198	-0,1232	-0,0772
	Øvrig	-0,0294	-0,0430	-0,0772	-0,1190
	Transport	-0,4104		-0,3481	
Hotel, herunder forlystelser (qo)	El	-0,1071	0,0216	-0,2105	0,0424
	Øvrig	0,0136	-0,0312	0,0424	-0,0706
	Transport	-0,1760		-0,3113	
Øvrige tjenesteydende erhverv (qq)	El	-0,2904	0,0374	-0,5031	0,0648
	Øvrig	0,0438	-0,1419	0,0648	-0,1997
	Transport	-0,1080		-0,0958	

Offentlige tjenester (o)	El	-0,1635	0,1068	-0,3155	0,2060
	Øvrig	0,1054	-0,1573	0,2060	-0,3050
	Transport	0		0	
Erhverv samlet	El			-0,15	0,05
	Øvrig			0,04	-0,15
	Transport			-0,22	
Husholdninger	El			-0,31	
	Øvrig			-0,36	
	Transport			-0,42	
Søtransport (qs)	Transport	-0,2238		-0,3477	
Lufttransport (ql)	Transport	-0,1102		-0,3334	
Landtransport (qv)	Transport	-0,0633		-0,1543	
Jernbaner (qj)	Transport	0		0	

Transportenergiens egenpriselasticitet er $-0,22$ for erhvervene samlet, hvilket vil sige, at benzin/dieslpriserne stiger med 1%, vil erhvervenes transportenergiforbrug falde med 0,22%. Dette tal var ca. $-0,16$ i den gamle EMMA-version.

For husholdningerne er egenpriselasticiteten for transportenergi $-0,42$, hvilket er en hel del mere end i den gamle EMMA, hvor den var ca. $-0,24$.

Husholdningernes elasticiteter mht. el ligger omkring de $-0,31$, hvilket er lidt mindre (numerisk) end i den gamle EMMA, hvor den var $-0,41$. For varme (= øvrig energi) er elasticiteten stort set den samme som før og estimeres til $-0,36$.

Egenpriselasticiteterne i erhvervene samlet for el og øvrig energi er begge ca. $-0,15$, hvilket er en del større end i den gamle EMMA (hvor de var $-0,06$ hhv. $-0,11$).

Bilag 1. Oversigt over erhverv i ny og gammel EMMA-version

Ny	Gl.	Beskrivelse
al	a	Landbrug
ag	a	Gartnerier, planteskoler og frugtplantager
al	a	Maskinstationer, anlægsgartnere mv.
al	a	Skovbrug
af	a	Fiskeri mv.
e	e	Udvinding af råolier og naturgas mv.
al	nb	Udvinding af grus, ler, sten, salt mv.
nf	nf	Slagterier mv.
nf	nf	Forarbejdning og konservering af fisk og fiskeprodukter
nf	nf	Forarbejdning og konservering af frugt og grønsager
nf	nf	Fremstilling af vegetabiliske og animalske olier samt fedtstoffer
nf	nf	Mejerier og isfabrikker
nf	nf	Fremstilling af stivelsesprodukter, chokolade- og sukkervarer mv.
nf	nf	Fremstilling af brød, kager og kiks
nf	nf	Bagerforretninger
nf	nf	Sukkerfabrikker og - raffinaderier
nf	nn	Drikkevareindustri
nf	nn	Tobaksindustri
nq	nq	Tekstilindustri
nq	nq	Beklædningsindustri
nq	nq	Læder- og fodtøjsindustri
nq	nb	Træindustri
nq	nq	Papirindustri
nq	nq	Udgivelse af dagblade
nq	nq	Udgiver- og forlagsvirksomhed ekskl. dagblade
nq	nq	Trykkerier
ng	ng	Mineralolieindustri mv.
nk	nk	Fremstilling af industrigasser og uorganiske basiskemikalier
nk	nk	Fremstilling af farvestoffer,- pigmenter samt org. basiskemikalier
nk	nk	Fremstilling af kunstgødning
nk	nk	Fremstilling af basisplast og syntetisk gummi
nk	nk	Fremstilling af pesticider og andre agrokemiske produkter
nk	nk	Fremstilling af maling, lak, trykfarver mv.samt tætningsmaterialer
nk	nk	Medicinalindustri
nk	nk	Fremstilling af rengøringsmidler samt øvrige kemiske produkter
nk	nk	Fremstilling af gummiprodukter samt plastemballage m.v
nk	nk	Fremstilling af bygningsartikler af plast
nk	nk	Fremstilling af andre plastprodukter
gl	nq	Glas- og keramisk industri
ce	nb	Fremstilling af cement, mursten, tagsten, fliser, kakler mv.
nq	nb	Fremstilling af produkter af beton, cement , asfalt, stenuld mv.
st	nm	Jern- og stålværker

(fortsat...)

nm nm Forarbejdning af jern- og stål
 nm nm Fremstilling af ikke-jernholdige metaller
 nm nm Støbning af metalprodukter
 nm nm Fremstilling af byggematerialer af metal
 nm nm Fremstilling af håndværktøj, metalemballage mv.
 nm nm Fremstilling af skibsmotorer, kompressorer mv.
 nm nm Fremstilling af maskiner til generelle formål
 nm nm Fremstilling af landbrugsmaskiner
 nm nm Fremstilling af maskiner til industri m.v.
 nm nm Fremstilling af husholdningsapparater
 nm nm Fremstilling af kontormaskiner og edb-udstyr
 nm nm Fremstilling af andre elektriske maskiner og apparater
 nm nm Fremstilling af telemateriel mv.
 nm nm Fremstilling af medicinsk udstyr, instrumenter, ure mv.
 nm nt Fremstilling af biler mv.
 nm nt Skibsværfter og bådebyggerier
 nm nt Fremstilling af transportmidler ekskl. skibe og biler mv.
 nq nq Møbelindustri
 nq nk Fremstilling af legetøj, guld- og sølvvarer mv.
 qh qh Genbrug af affaldsprodukter
 ne ne Elforsyning
 ne ne Gasforsyning
 ne ne Varmeforsyning
 ne qq Vandforsyning
 b b Nybyggeri
 b b Reparation og vedligeholdelse af bygninger
 b b Anlægsvirksomhed
 b b Materialer
 qh qh Handel med biler, motorcykler mv.
 qh qq Autoreparation
 qh qh Servicestationer
 qh qh Engros- og agenturhandel undt. m. biler
 qh qh Detailhandel med fødevarer mv.
 qh qh Varehuse og stormagasiner
 qh qh Apoteker, parfumerier og materialister mv.
 qh qh Detailhandel m. beklædning og fodtøj
 qh qh Detailhandel i øvrigt, reparationsvirksomhed mv.
 qo qq Hoteller m.v.
 qo qq Restauranter mv.
 qj tj Jernbaner
 qv tb Bustrafik mv., rutefart
 qv tt Taxi- og turistvognmænd
 qv tv Fragtvognmænd mv., rørtransport
 qs qs Skibsfart
 ql tl Luftransport
 qv tq Hjælpevirksomhed i forb. m. transport, rejsebureauvirksomhed
 qv tq Anden transportformidling
 qv tp Post og telekommunikation

(fortsat...)

- qk qf Pengeinstitutter
- qk qf Realkreditinstitutter mv.
- qk qf Livs- og pensionsforsikring
- qk qf Anden forsikringsvirksomhed
- qk qf Servicevirksomhed for finanssektoren mv.
- qk qq Ejendomsrådgivningsvirksomhed mv.
- qq h Boliger
- qq qq Udlejning af erhvervsjendomme mv.
- qq qq Udlejning undtagen af fast ejendom
- qk qq Databehandlingsvirksomhed bortset fra levering af software m.v.
- qk qq Levering af programmer og konsulentbistand i.f.b.m. software
- qq qq Forskning og udvikling (markedsræssig)
- o o Forskning og udvikling (anden ikke-markedsræssig)
- qq qq Advokatvirksomhed
- qq qq Revisions- og bogføringsvirksomhed
- qq qq Rådgivende ingeniører, arkitekter mv.
- qq qq Reklame- og markedsføring
- qq qq Rengøringsvirksomhed
- qq qq Anden forretningservice
- o o Generel offentlig administration
- o o Offentlig sektoradm. bortset fra vedr. erhverv og infrastruktur m.v.
- o o Offentlig administration vedrørende erhverv, infrastruktur m.v.
- o o Forsvar, politi og retsvæsen
- o o Folkeskoler
- o o Gymnasier, erhvervsfaglige skoler
- o o Videregående uddannelsesinstitutioner
- qq qq Voksenundervisning mv. (markedsræssig)
- o o Voksenundervisning mv. (anden ikke-markedsræssig)
- o o Hospitaler
- qq qq Læger, tandlæger, dyrlæger mv.
- o o Sociale institutioner mv. for børn og unge
- o o Sociale institutioner mv. for voksne
- qq qq Kloakvæsen og rensningsanlæg
- qq qq Renovation og renholdelse
- qq qq Lossepladser og forbrændingsanstalter
- qq qq Organisationer og foreninger
- qq qq Forlystelser, kultur og sport (markedsræssig)
- o o Forlystelser, kultur og sport (anden ikke-markedsræssig)
- qq qq Anden servicevirksomhed
- qq qq Private husholdninger med ansat medhjælp

- c c Privat konsum, elektricitet
- c c Privat konsum, gas
- c c Privat konsum, flydende brændsel
- c c Privat konsum, fjernvarme mv.
- c c Privat konsum, benzin og olie til køretøjer

Bilag 2. Detaljerede estimationsresultater for erhvervenes forbrug af el og øvrig energi

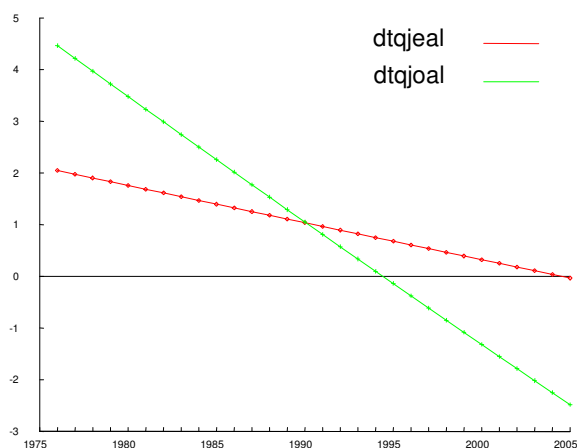
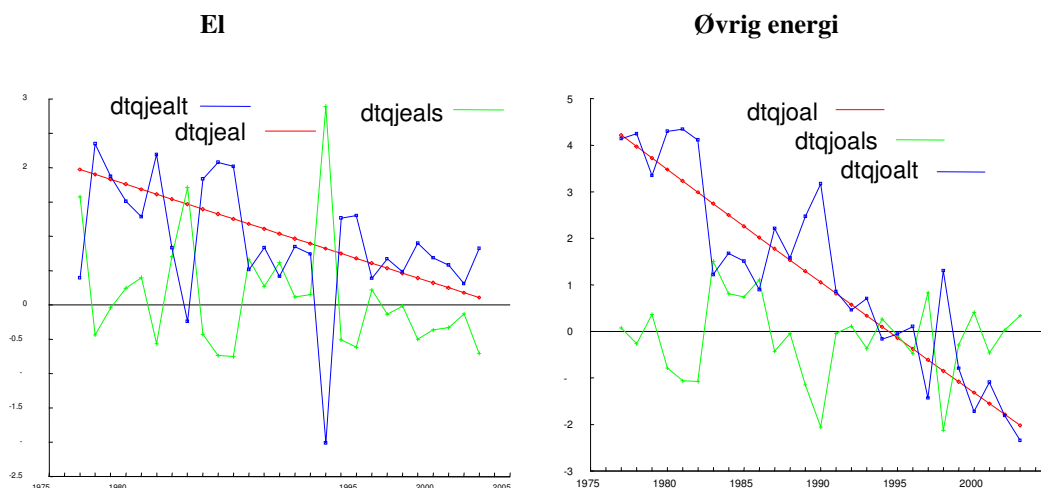
I det følgende gengives estimationsresultater for de enkelte EMMA-erhverv. Parametrene $v1/v2$ er førstearseffekter, $c1/c2$ er fejlkorrigeringsparametre, $w1/w2$ er lineære trendparametre, og $ww1/ww2$ er kvadratiske trendparametre. Parameteren $gradk2$ er graddage-effekten, og s og DW er spredninger hhv. Durbin-Watson i de to ligninger. Til sidst er angivet korrelationen mellem residualerne i de to ligninger, samt log-likelihoodværdien. Alle ligninger er estimeret med TSP²⁰.

2.1 Landbrug (al)

	E11	E12	Ely
Value	-0.13131	-0.027046	0.15836
	E21	E22	E2y
Value	-0.017961	-0.13007	0.14803
	V1	C1	
Value	0.52809	0.65940	
	V2	C2	
Value	0.58369	0.74740	
GRADK2 =	0.00000		
@S	0.028960	0.047992	
@DW	1.67633	1.95272	
KORR =	0.23642		
@LOGL =	109.31374		

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	-.026318	.941505E-02	-2.79536	[.005]
WW2	-.237280E-02	.635503E-03	-3.73373	[.000]
W1	-.710412E-03	.825644E-02	-.086043	[.931]
WW1	-.710864E-03	.560579E-03	-1.26809	[.205]
E11	-.131312	.093856	-1.39908	[.162]
E12	-.027046	.034341	-.787573	[.431]
K1	-2.64738	.152933	-17.3107	[.000]
V1	.528089	.165495	3.19096	[.001]
C1	.659402	.196869	3.34945	[.001]
E22	-.130071	.053973	-2.40994	[.016]
K2	-1.24080	.130621	-9.49928	[.000]
V2	.583692	.228698	2.55224	[.011]
C2	.747399	.180968	4.13000	[.000]

²⁰ TSP er et estimationsprogram til ikke-lineære og flerdimensionelle estimationer.

Figur 9. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi**Figur 10. Strukturtrender og “rene” trender (%)**

Landbruget er helt igennem nemt at estimere noget fornuftigt for, og som det ses ovenfor er der tæt på at være separabilitet mht. prisen på Y ($E_{1Y} \approx E_{2Y}$). Egenpriselasticiteterne er pæne og tilpasningsparametrene ligeså (meget signifikante tilpasningskoefficienter). Effektivitetstrendernes vækstrater har været faldende over tid, og for øvrig energi er vækstraten negativ i den sidste del af perioden, svarende til at der formentlig er tekniske fremskridt et sted i produktionsprocessen (f.eks. i bygningskapitalen), som forbruger øvrig energi.

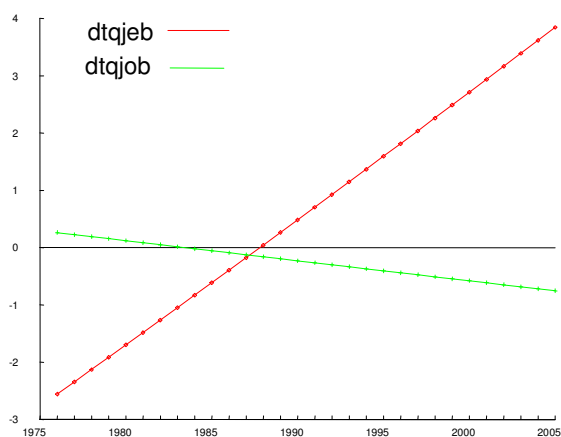
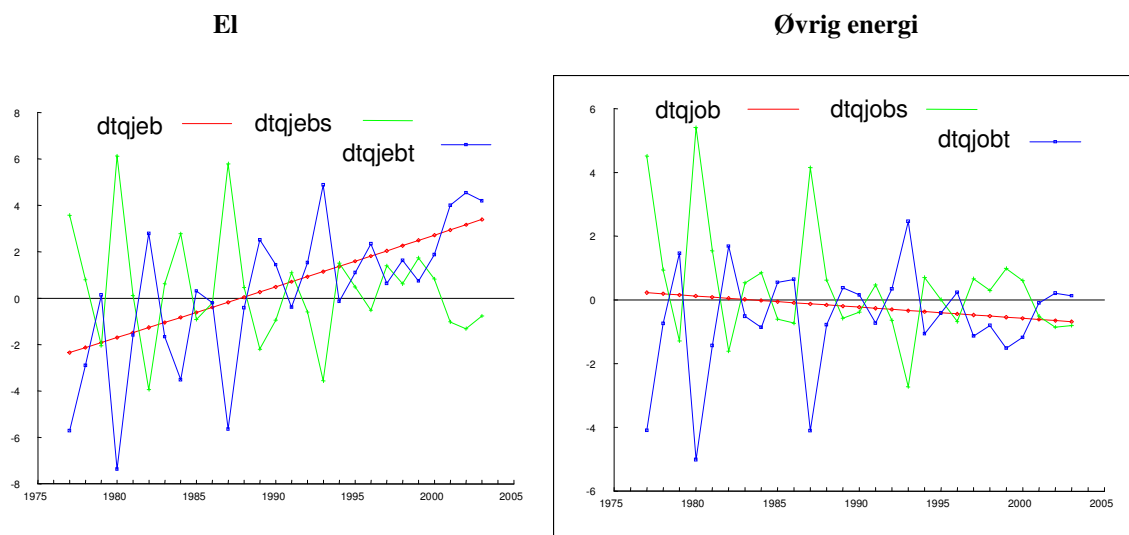
2.2 Byggeri (b)

For byggeriet er det muligt at estimere meget store egenpriselasticiteter for el hen i retning af $-0,75$, hvis der ikke pålægges separabilitet mht. prisen på Y , og hvis der bruges de laggede omkostningsandele som udtryk for s_1/s_2 . Disse estimationer virker dog ikke ret stabile eller troværdige, for hvis der i stedet bruges de langsigtede/ønskede omkostningsandele s_1^*/s_2^* , konvergerer estimationsproceduren ikke. Af hensyn til estimationernes robusthed synes det derfor nødvendigt at pålægge separabilitet for dette erhverv, hvilket giver følgende:

Value	E11 -0.15785	E12 0.018083	Ely 0.13977
Value	E21 0.0037982	E22 -0.14357	E2y 0.13977
Value	V1 0.23732	C1 0.22807	
Value	V2 0.63219	C2 0.62845	
GRADK2 =	0.63891		
@S	0.067334	0.095370	
@DW	1.28441	1.60119	

KORR = 0.21680
@LOGL = 64.79392

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	-.773369E-02	.017456	-.443051	[.658]
WW2	-.350838E-03	.120943E-02	-.290085	[.772]
W1	.038831	.032711	1.18709	[.235]
WW1	.219478E-02	.230714E-02	.951298	[.341]
E11	-.157854	.098539	-1.60194	[.109]
E12	.018083	.140424	.128772	[.898]
K1	-5.36243	.363133	-14.7671	[.000]
V1	.237321	.186816	1.27035	[.204]
C1	.228071	.093428	2.44113	[.015]
K2	-8.77635	2.49611	-3.51601	[.000]
GRADK2	.638913	.311364	2.05198	[.040]
V2	.632191	.247490	2.55441	[.011]
C2	.628446	.184166	3.41239	[.001]

Figur 11. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi**Figur 12. Strukturtrender og “rene” trender (%)**

El-effektiviteten har været stærkt stigende i den sidste del af perioden, svarende til at der alt andet lige spares på elektriciteten som følge af teknologisk eller anden trendmæssig udvikling.

Tilpasningsparametrene er rimeligt signifikante, og der er en signifikant graddage-effekt i forbruget af øvrig energi.

2.3 Jern- og metal (*nm*)

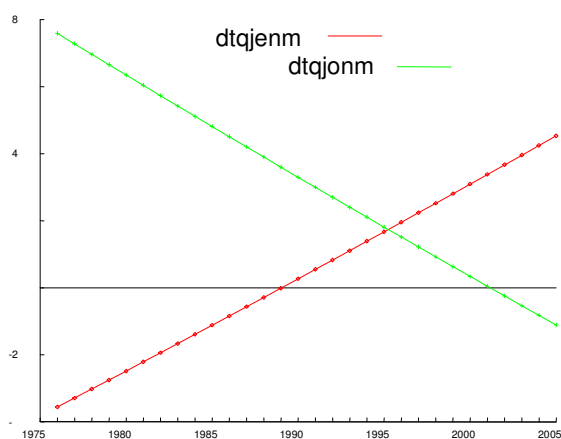
Dette erhverv er lidt sværere at estimere end forventet, måske til dels fordi Stålvalseværket er taget ud af dette, i forhold til tidligere EMMA-versioner. I de forskellige estimationsvarianter, som har været forsøgt, er tendensen, at det er meget vanskeligt at estimere begge egenpriselasticiteterne til at være negative. Dette gælder uanset om der pålægges separabilitet eller ej. På den anden side er elasticiteterne heller ikke særligt velbestemte, så det er valgt at binde ε_{12} til 0,10. I forhold til fri estimation giver dette et lille fald i log-likelihoodværdien på $112,166 - 108,223 = \text{ca. } 3,9$, hvor to gange dette er χ^2 -fordelt med 1 frihedsgrad. Altså en værdi på 7,9, set i forhold til 1% fraktil, som er 6,63. Bindningen er altså tæt på at kunne accepteres på 1%-niveau og dermed ikke i voldsomt modstrid med data, og den vurderes som værende rimelig set i forhold til, at den giver fornuftige egenpriselasticiteter i omegnen af, hvad der kan estimeres for andre erhverv.

	E11	E12	E13
Value	-0.073187	0.10000	-0.026813
	E21	E22	E23
Value	0.10350	-0.20773	0.10422
	V1	C1	
Value	0.29896	0.49677	
	V2	C2	
Value	0.24229	0.30270	
GRADK2 =	0.40732		
@S	0.031065	0.045384	
@DW	2.12806	2.20250	

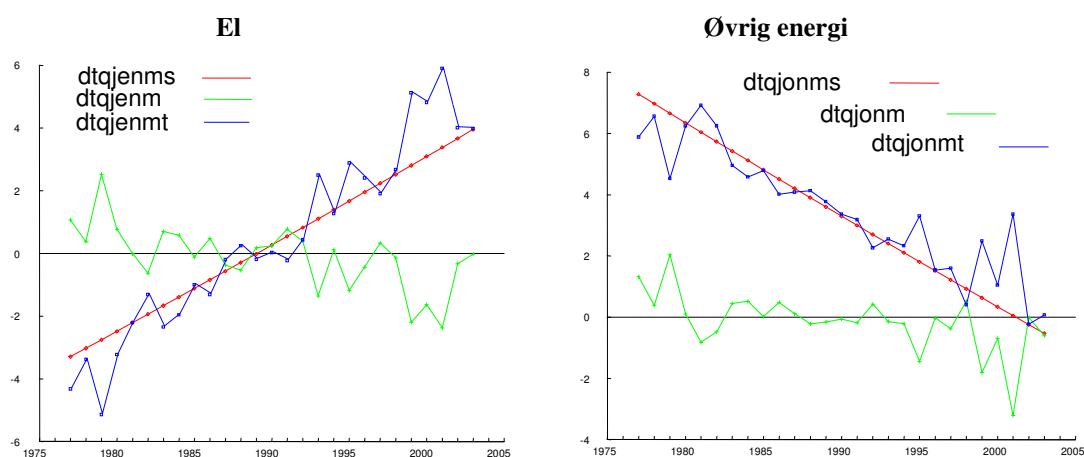
KORR = 0.10391
@LOGL = 108.22256

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	-.012644	.019602	-.645040	[.519]
WW2	-.290985E-02	.147290E-02	-1.97559	[.048]
W1	.045765	.667520E-02	6.85603	[.000]
WW1	.278065E-02	.454096E-03	6.12348	[.000]
E11	-.073187	.165807	-.441400	[.659]
K1	-3.15808	.308540	-10.2356	[.000]
V1	.298957	.128629	2.32417	[.020]
C1	.496774	.118314	4.19876	[.000]
E22	-.207727	.133210	-1.55939	[.119]
K2	-6.38253	1.11518	-5.72333	[.000]
GRADK2	.407316	.126775	3.21290	[.001]
V2	.242290	.198664	1.21960	[.223]
C2	.302699	.165800	1.82569	[.068]

Figur 13. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi



Figur 14. Strukturtrender og “rene” trender (%)



Der har været stor vækst i effektiviteten for øvrig energi i starten af perioden, mens det modsatte har gjort sig gældende for el. Figuren kunne tyde på, at der i starten af perioden er sket et teknologisk betinget skift fra andet energiforbrug over på el, men at el-forbrugets effektivitet i den sidste del af perioden har været stigende (svarende til at der trendmæssigt spares på elektriciteten).

Tilpasningsparametrene er rimeligt signifikante, og der er en signifikant graddage-effekt i forbruget af øvrig energi.

2.4 Kemisk industri (*nk*)

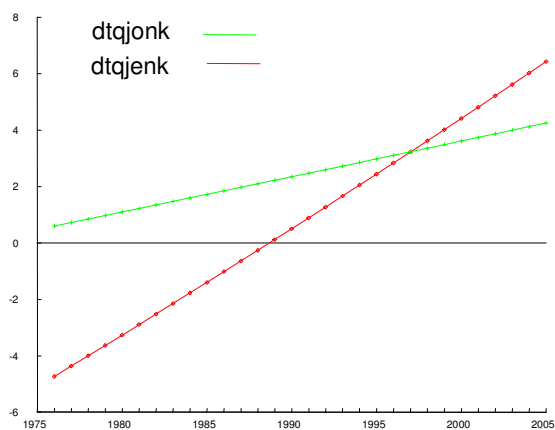
Dette erhverv viste sig meget vanskeligt at estimere, næsten uanset hvad der forsøges. Der er en tydelig tendens til, at begge egenpriselasticiteterne får forkert fortegn i stort set alle varianter, så det virker ikke rimeligt at påtvinge dette erhverv nogen substitution. Dertil er de forkerte fortegn for signifikante.

	E11	E12	E1y
Value	0.00000	0.00000	0.00000
	E21	E22	E2y
Value	0.00000	0.00000	0.00000
	V1	C1	
Value	0.074402	0.26848	
	V2	C2	
Value	0.46559	0.31433	
GRADK2 =	0.15226		
@S	0.034519	0.058410	
@DW	1.68756	2.15850	

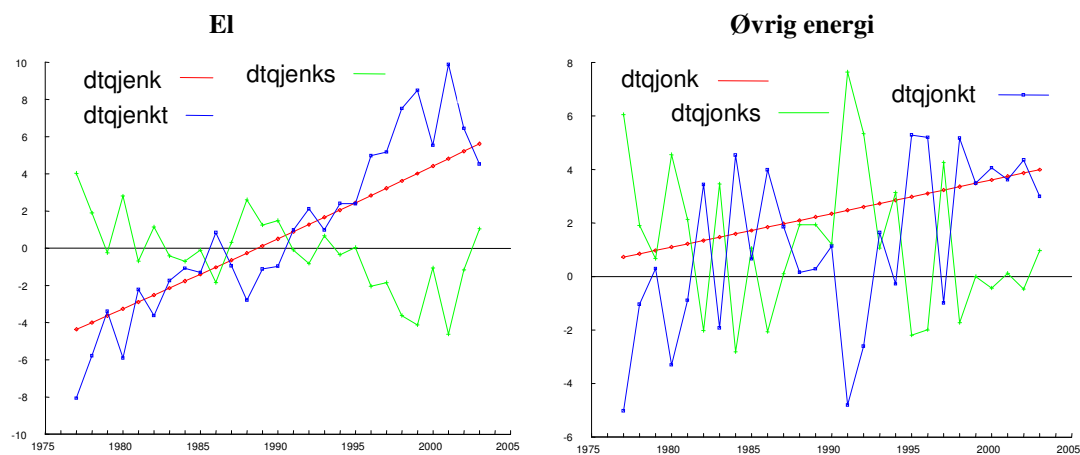
KORR = 0.20623
@LOGL = 98.32109

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	.042226	.020145	2.09615	[.036]
WW2	.122812E-02	.154318E-02	.795835	[.426]
W1	.064184	.018164	3.53355	[.000]
WW1	.381807E-02	.103540E-02	3.68752	[.000]
K1	-2.50009	.088370	-28.2910	[.000]
V1	.074402	.186241	.399495	[.690]
C1	.268482	.117750	2.28010	[.023]
K2	-3.32773	1.22396	-2.71882	[.007]
GRADK2	.152257	.153395	.992581	[.321]
V2	.465587	.301551	1.54397	[.123]
C2	.314328	.135388	2.32167	[.020]

Figur 15. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi



Figur 16. Strukturtrender og “rene” trender (%)



I sidste del af estimationsperioden er begge effektiviteter stigende, svarende til at der kan spares på både el og øvrig energi som følge af trendmæssig/teknologisk udvikling. I starten af perioden har el-effektiviteten dog været faldende, svarende til forøget trendmæssigt betinget el-forbrug i den periode.

2.5 Anden fremstilling (*nq*)

Dette erhverv er generelt lidt vanskeligt at estimere, da der er en tendens til, at begge egenpriselasticiteterne får forkerte – men dog ikke særligt signifikante – fortegn. I lighed med *nm*-erhvervet er det derfor ud fra samme tankegang valgt at binde E_{12} til 0,10.

I forhold til fri estimation giver dette et lille fald i log-likelihoodværdien på 99,3716 – 96,9256 = ca. 2,4, hvor to gange dette, dvs. 4,9 er χ^2 -fordelt med 1 frihedsgrad. Da 1%-fraktilen er 6,63 kan bindingen altså accepteres på 1%-niveau og er dermed ikke voldsomt i modstrid med data. På den måde bliver *nm*- og *nq*-erhvervene bundet på parallel måde, og uden voldsom modstrid med data, ud fra en betragtning om, at det skulle være underligt at der ikke skulle være substitution i disse erhverv, givet at der f.eks. er det i *nf*-erhvervet.

	E11	E12	E13
Value	-0.23742	0.10000	0.13742

	E21	E22	E23
Value	0.10371	-0.19485	0.091138

	V1	C1
Value	0.18198	0.50535

	V2	C2
Value	0.40798	0.38536

GRADK2 = 0.18117

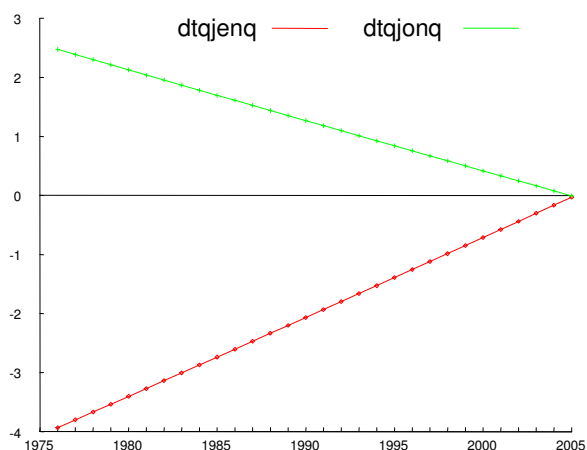
	1	2
@S	0.050144	0.048671

	1	2
@DW	1.93311	1.84943

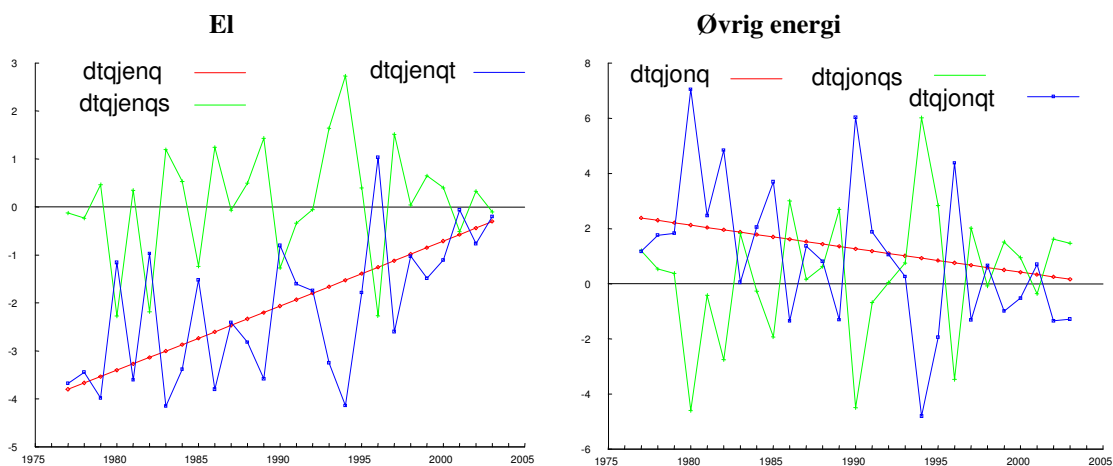
KORR = 0.52963
 @LOGL = 96.92562
 @IFCONV = 1.00000

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	-.489466E-03	.016776	-.029176	[.977]
WW2	-.844686E-03	.123534E-02	-.683767	[.494]
W1	.407783E-03	.018418	.022141	[.982]
WW1	.137381E-02	.107753E-02	1.27496	[.202]
E11	-.237422	.207989	-1.14151	[.254]
K1	-2.87936	.397192	-7.24930	[.000]
V1	.181984	.223165	.815470	[.415]
C1	.505345	.161035	3.13810	[.002]
E22	-.194853	.098369	-1.98083	[.048]
K2	-3.56662	.981873	-3.63247	[.000]
GRADK2	.181167	.113861	1.59113	[.112]
V2	.407977	.201774	2.02195	[.043]
C2	.385356	.152478	2.52728	[.011]

Figur 17. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi



Figur 18. Strukturtrender og “rene” trender (%)



Figuren tyder på, at der er sket en trendmæssig/teknologisk substitution fra øvrig energi over på el, idet der i starten af perioden bruges mere og mere el og mindre og mindre øvrig energi som følge af trenden. Denne tendens synes dog at være gået stort set i nul i 2005.

2.6 Fødevarerindustri (nf)

I dette erhverv er det forholdsvis nemt at finde elasticiteter med de rigtige fortegn, næsten uanset hvilken estimationsvariant, der vælges. Der er ikke separabilitet mht. Y, men dog ikke så langt fra.

	E11	E12	E1y
Value	-0.11067	-0.011507	0.12217

	E21	E22	E2y
Value	-0.010634	-0.18625	0.19689

	V1	C1
Value	0.43036	0.39898

	V2	C2
Value	0.42159	0.42282

GRADK2 = 0.12743

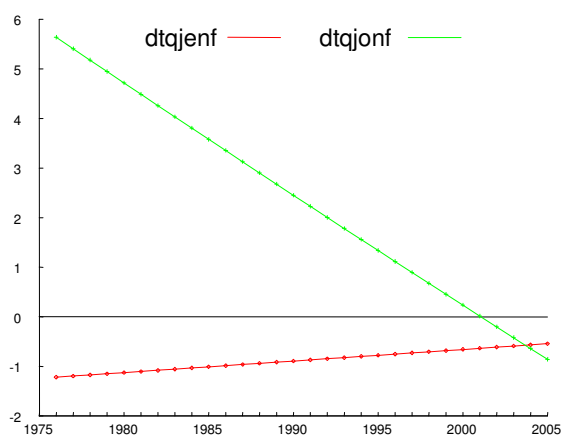
@S 0.018451 0.047305

@DW 2.52382 1.52073

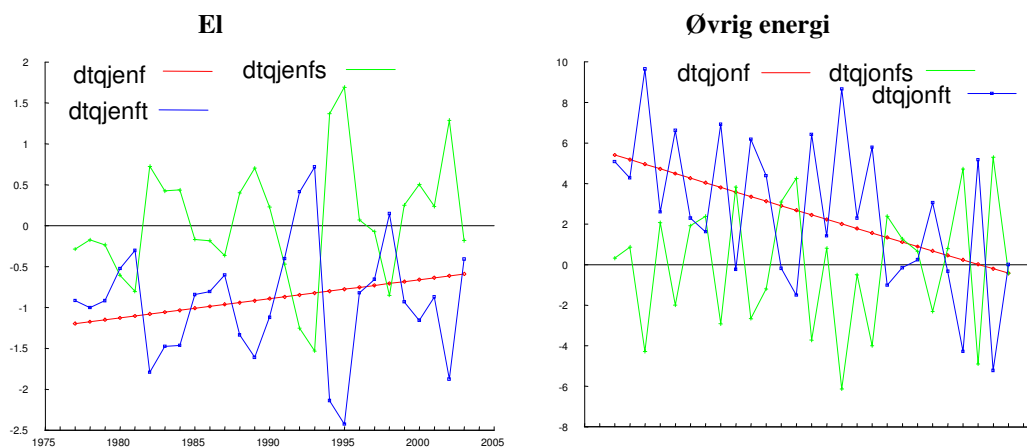
KORR = 0.49199
 @LOGL = 125.98965
 @IFCONV = 1.00000

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	-.969054E-02	.012887	-.751963	[.452]
WW2	-.218831E-02	.931857E-03	-2.34833	[.019]
W1	-.532085E-02	.806502E-02	-.659743	[.509]
WW1	.235623E-03	.565778E-03	.416458	[.677]
E11	-.110667	.093051	-1.18932	[.234]
E12	-.011507	.038790	-.296648	[.767]
K1	-2.92634	.213112	-13.7315	[.000]
V1	.430364	.133774	3.21709	[.001]
C1	.398985	.121142	3.29352	[.001]
E22	-.186254	.090320	-2.06215	[.039]
K2	-3.17575	1.00006	-3.17556	[.001]
GRADK2	.127431	.116090	1.09769	[.272]
V2	.421592	.223418	1.88701	[.059]
C2	.422823	.138114	3.06141	[.002]

Figur 19. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi



Figur 20. Strukturtrender og “rene” trender (%)



Der har været et svagt fald i el-effektiviteten igennem perioden, svarede til at de teknologiske fremskridt har været el-forbrugende. Til gengæld har der i starten af perioden været stærk vækst i effektiviteten i øvrig energi (som der altså har kunnet spares på) – en effekt, som dog er gået i sig selv i slutningen af perioden.

2.7 Handelserhverv (*qh*)

For dette erhverv virker det ganske enkelt umuligt at finde nogen priselasticiteter med det rigtige fortegn, uanset hvilken estimationsvariant, der vælges. I handelserhvervet har lys og opvarmning mv. i nogen grad karakter af nødvendighedsgode, for overhovedet at kunne drive erhvervet. Substitution mellem el og øvrig energi indbyrdes og i forhold til de andre produktionsfaktorer (f.eks. arbejdskraft og bygningskapital) er nok heller ikke noget, der vil forventes a priori. Den simple OLS-estimation i afsnit 2.4.4 tydede jo i øvrigt også på, at der ikke kunne forventes nogen nemme resultater.

	E11	E12	E13
Value	0.00000	0.00000	0.00000

	E21	E22	E23
Value	0.00000	0.00000	0.00000

	E11	E12	E13
Value	0.00000	0.00000	0.00000

	V1	C1
Value	0.38848	0.37389

	V2	C2
Value	0.86819	1.02433

GRADK2 = 0.48901

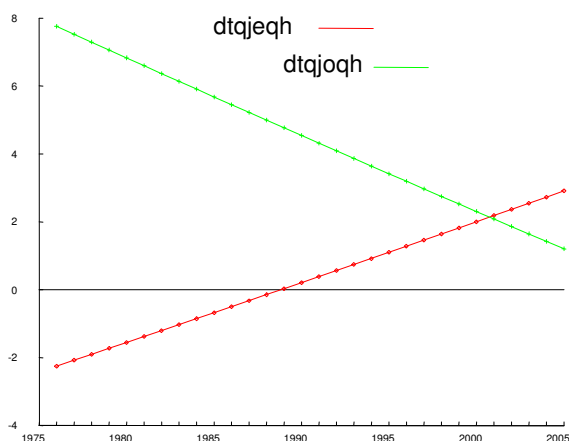
	1	2
@S	0.036136	0.050414

	1	2
@DW	1.36531	1.66431

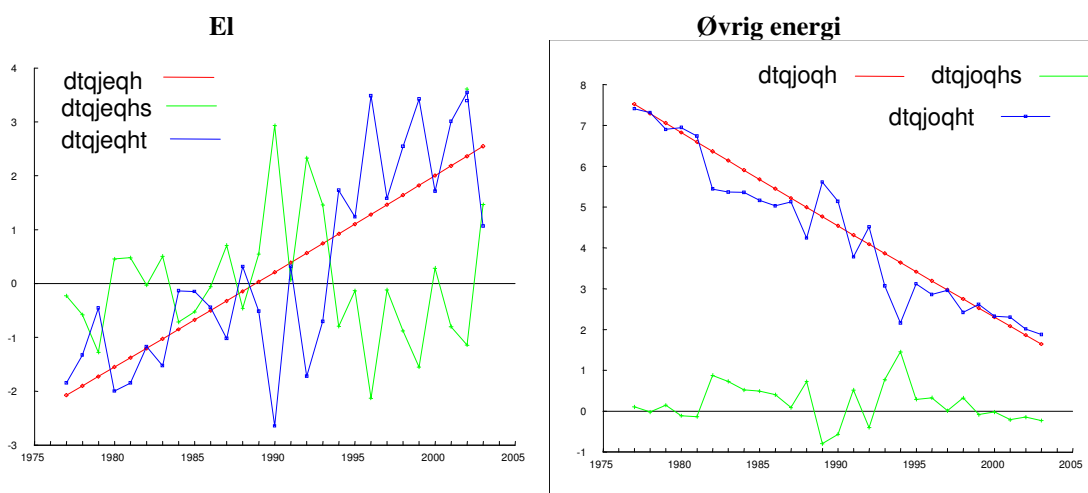
KORR = -0.25148
 @LOGL = 101.57934
 @IFCONV = 1.00000

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	.010894	.432958E-02	2.51620	[.012]
WW2	-.216279E-02	.295792E-03	-7.31186	[.000]
W1	.029581	.858036E-02	3.44757	[.001]
WW1	.177406E-02	.602346E-03	2.94526	[.003]
K1	-3.09011	.051731	-59.7338	[.000]
V1	.388478	.209877	1.85098	[.064]
C1	.373890	.121304	3.08224	[.002]
K2	-6.91995	1.05328	-6.56990	[.000]
GRADK2	.489011	.132195	3.69917	[.000]
V2	.868189	.308566	2.81362	[.005]
C2	1.02433	.185875	5.51084	[.000]

Figur 21. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi



Figur 22. Strukturtrender og "rene" trender (%)



Effektiviteten for øvrig energi har været kraftigt stigende i starten af perioden, svarende til, at der har kunnet spares meget på øvrig energi. I dette erhverv er øvrig energi stort set ensbetydende med opvarmning, så der kan være tale om effekter fra isolering, bygningsstandarder o.lign. Vækstraten i el-effektiviteten har skiftet fortegn over perioden, og sidst i perioden spares der både på el og øvrig energi som følge af den tekniske/trendmæssige udvikling.

2.8 Anden service (qq)

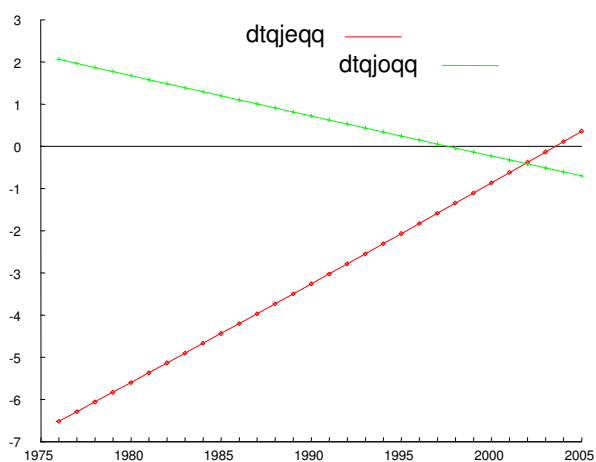
I dette erhverv er det ret nemt at finde elasticiteter med de rigtige fortegn, næsten uanset hvilken estimationsvariant, der vælges. Der er ikke separabilitet mht. Y , og den kan heller ikke pålægges uden at reducere elektricitetens egenpriselasticitet voldsomt. Som det fremgår af oversigten nedenfor, er det ikke fordi substitutionen mellem el og øvrig energi er så voldsom (krydspriselasticiteterne ligger på omkring 0.06-0.07) – der er snarere tale om, at el tilsyneladende substituerer kraftigt med Y (ε_{1y} er 0.44).

	E11	E12	E1y
Value	-0.50305	0.064835	0.43822
	E21	E22	E2y
Value	0.065806	-0.19969	0.13389
	V1	C1	
Value	0.57725	0.70813	
	V2	C2	
Value	0.71065	0.91911	
GRADK2 =	0.44749		
@S	0.058119	0.028184	
@DW	2.22603	2.02871	

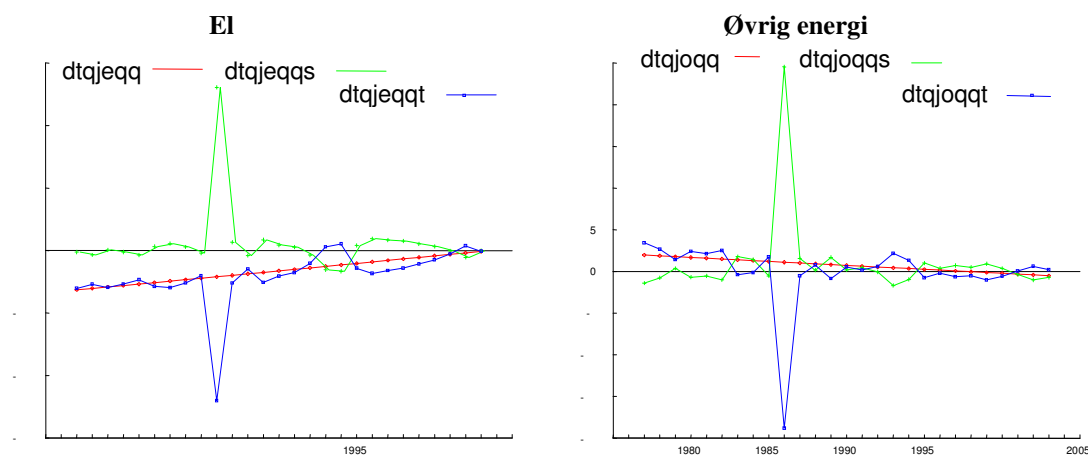
KORR = -0.032642
@LOGL = 103.73066

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	-.749406E-02	.408433E-02	-1.83483	[.067]
WW2	-.946406E-03	.266413E-03	-3.55240	[.000]
W1	.478513E-02	.016115	.296943	[.767]
WW1	.244695E-02	.118377E-02	2.06709	[.039]
E11	-.503051	.167207	-3.00856	[.003]
E12	.064835	.103310	.627574	[.530]
K1	-4.75754	.179344	-26.5275	[.000]
V1	.577247	.169433	3.40693	[.001]
C1	.708130	.167305	4.23258	[.000]
E22	-.199692	.138515	-1.44167	[.149]
K2	-7.46956	.801287	-9.32196	[.000]
GRADK2	.447486	.109704	4.07903	[.000]
V2	.710647	.247902	2.86665	[.004]
C2	.919109	.184447	4.98306	[.000]

Figur 23. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi



Figur 24. Strukturtrender og "rene" trender (%)



Effektivitetsvækstraten for øvrig energi har været forholdsvis beskednen over perioden, mens el-effektiviteten har været kraftigt faldende i starten af perioden, svarende til at der er blevet brugt mere el som følge af trendmæssig udvikling/indtrængning. I 2005 er væksten i el-effektiviteten dog gået næsten i nul.

2.9 Kontorer mv. (qk)

Hvis der pålægges separabilitet mht. Y, er det forholdsvis nemt at estimere noget fornuftigt fordette erhverv. Dette er godt i tråd med resultaterne fra den simple OLS-estimation.

	E11	E12	E1y
Value	-0.12320	-0.077211	0.20041

	E21	E22	E2y
Value	-0.079455	-0.12096	0.20041

	V1	C1
Value	0.25699	0.26791

	V2	C2
Value	0.36105	0.77784

GRADK2 = 0.29652

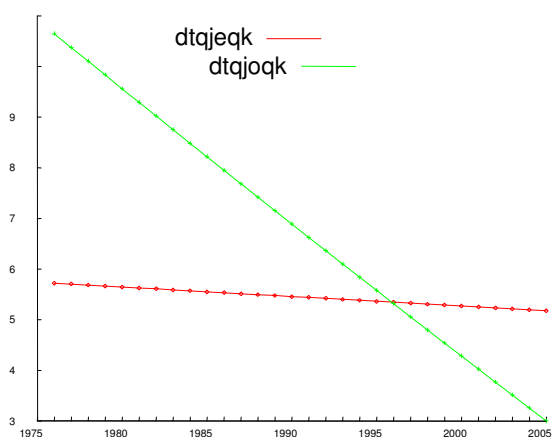
	1	2
@S	0.062036	0.029863

	1	2
@DW	1.62622	2.67809

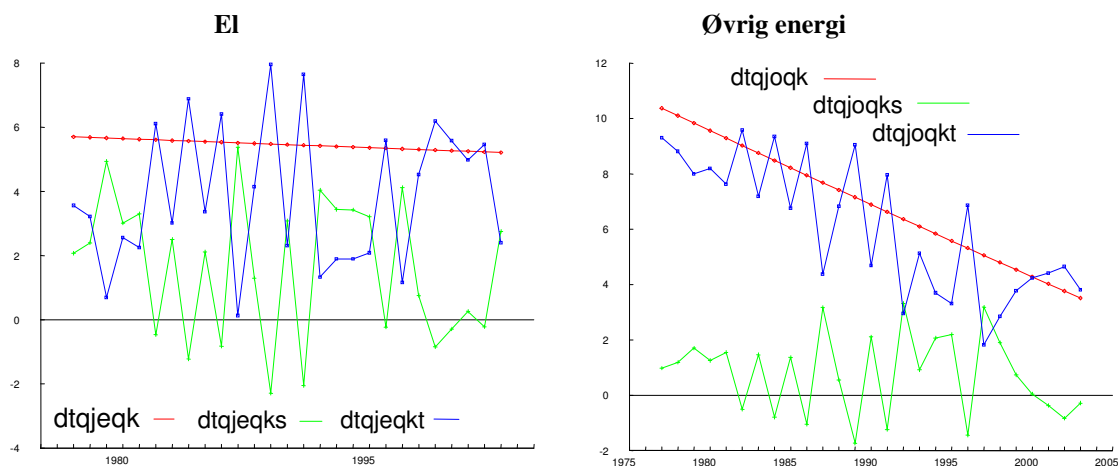
KORR = 0.27683
 @LOGL = 101.30198
 @IFCONV = 1.00000

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	.028357	.710353E-02	3.99195	[.000]
WW2	-.246936E-02	.847343E-03	-2.91424	[.004]
W1	.050365	.025587	1.96838	[.049]
WW1	-.178378E-03	.197858E-02	-.090154	[.928]
E11	-.123200	.092731	-1.32857	[.184]
E12	-.077211	.026084	-2.96014	[.003]
K1	-4.96115	.182775	-27.1435	[.000]
V1	.256990	.226365	1.13529	[.256]
C1	.267914	.106218	2.52231	[.012]
K2	-6.90707	.756044	-9.13580	[.000]
GRADK2	.296523	.098930	2.99730	[.003]
V2	.361055	.080875	4.46437	[.000]
C2	.777843	.113116	6.87653	[.000]

Figur 25. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi



Figur 26. Strukturtrender og "rene" trender (%)



Effektivitetsvækstraten for øvrig energi har været meget stor i starten af perioden, svarende til, at der har været store trendmæssige besparelser i forbruget af øvrig energi (dvs. for dette erhverv: opvarmning). Der kan være tale om en effekt af isolerings- og bygningsstandarder. Mht. el-effektiviteten har denne også været konstant stigende over perioden (5-6% p.a.), svarende til, at der også er sparet på el-forbruget over perioden. Effekten er ret kraftig. Som nævnt i afsnit 2.2.1 skyldes en væsentlig del af faldet i elforbruget udviklingen inden for nationalregnskabsbranchen "leverandører af programmel og konsulentbistand i forbindelse med software", hvor elkoefficienter er faldet betydeligt, specielt i perioden før år 2000..

2.10 Hoteller mv. (go)

På trods af, at den simple OLS-estimation ikke så særligt lovende ud, kommer erhvervet pænt ud i de fleste estimationsvarianter. Dette kan måske også skyldes, at der ikke ser ud til at være separabilitet mht. Y , svarende til at OLS-estimationen er for restriktiv. I fri estimation fås følgende ganske tilforladelige resultat, hvor der er en del substitution mellem el og Y , mens substitutionen for øvrig energi er mere beskednen. Fejlkorrktionsparametrene er begge næsten én, så for begge energityper er der ret hurtig tilpasning til langsigtslige vægt. Der er som forventet en ret stor og meget signifikant graddageeffekt i øvrig energi (opvarmning).

	E11	E12	E13
Value	-0.21053	0.042367	0.16816

	E21	E22	E23
Value	0.024691	-0.070630	0.045939

	V1	C1
Value	0.50895	1.08178

	V2	C2
Value	0.44238	0.95042

GRADK2 = 0.43130

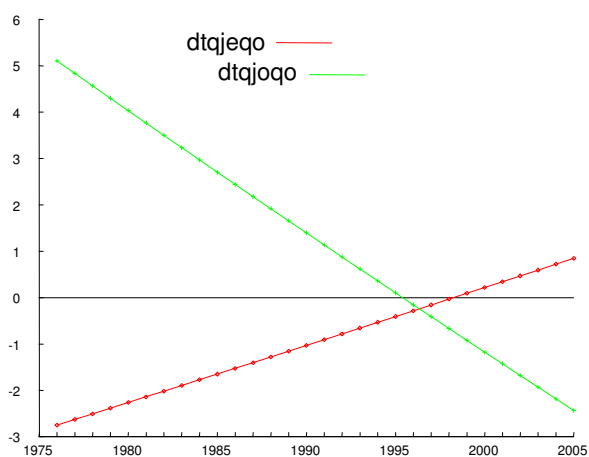
	1	2
@S	0.032642	0.039800

	1	2
@DW	2.14346	1.98262

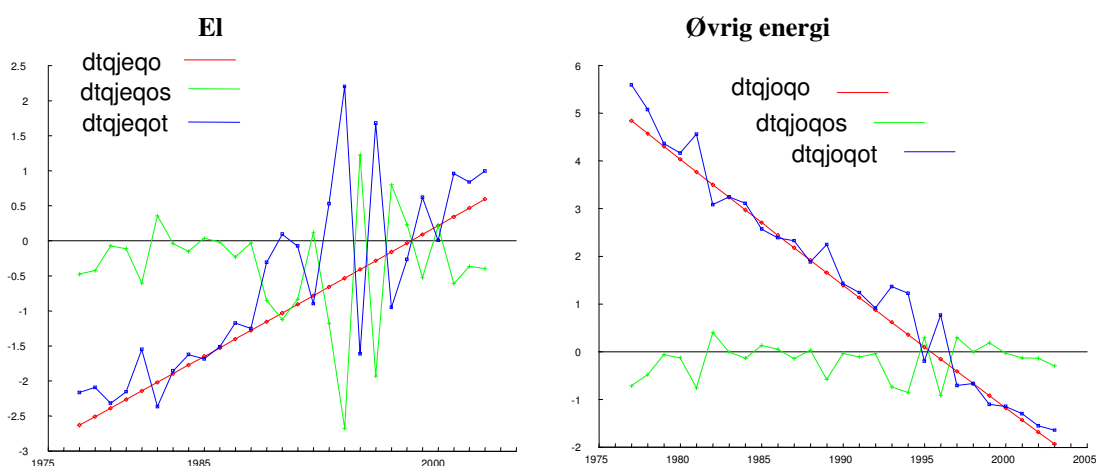
KORR = 0.19821
@LOGL = 111.01831

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	-.025951	.508193E-02	-5.10656	[.000]
WW2	-.256865E-02	.355454E-03	-7.22639	[.000]
W1	.906048E-02	.411469E-02	2.20198	[.028]
WW1	.125372E-02	.281494E-03	4.45379	[.000]
E11	-.210529	.068417	-3.07716	[.002]
E12	.042367	.043316	.978112	[.328]
K1	-3.26317	.087554	-37.2705	[.000]
V1	.508948	.139528	3.64764	[.000]
C1	1.08178	.158962	6.80526	[.000]
E22	-.070630	.063248	-1.11671	[.264]
K2	-5.93303	.923843	-6.42212	[.000]
GRADK2	.431300	.114584	3.76403	[.000]
V2	.442383	.291448	1.51788	[.129]
C2	.950416	.184883	5.14063	[.000]

Figur 27. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi



Figur 28. Strukturtrender og "rene" trender (%)



Effektivitetsvækstraten for øvrig energi har været meget stor i starten af perioden, svarende til, at der har været store trendmæssige besparelser i forbruget af øvrig energi (dvs. for dette erhverv gælder det opvarmning). Som for *qk*-erhvervet kan der være tale om en effekt af isolerings- og bygningsstandarder – en effekt som dog så er vendt i de sidste ti år af perioden. El-effektiviteten har til gengæld været faldende i den første del af perioden, svarende til større trendmæssigt el-forbrug.

2.11 Offentlig sektor (o)

Offentlig sektor giver generelt pæne resultater mht. elasticiteterne. Der er tæt på at være separabilitet mht. Y , og tilpasningen til langsigtssligevægt er forholdsvist hurtig. Der er en ret signifikant graddage-effekt i forbruget af øvrig energi (hvoraf meget formentlig er opvarmning).

	E11	E12	E1y
Value	-0.31553	0.20599	0.10954

	E21	E22	E2y
Value	0.17559	-0.30498	0.12939

	V1	C1
Value	0.51832	0.91900

	V2	C2
Value	0.51569	0.79804

GRADK2 = 0.20787

@S 0.049416 0.038188

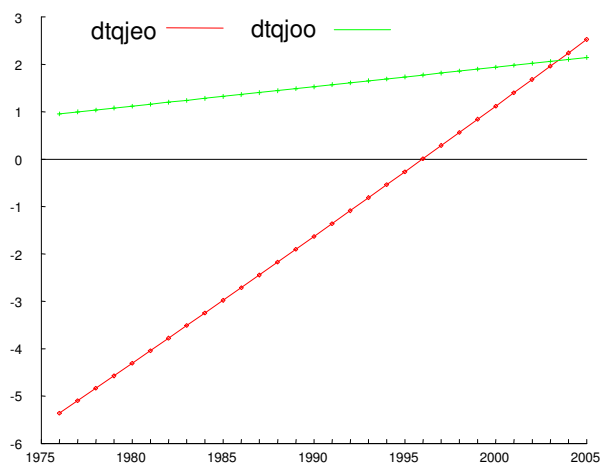
@DW 2.03789 2.00451

KORR = 0.012656

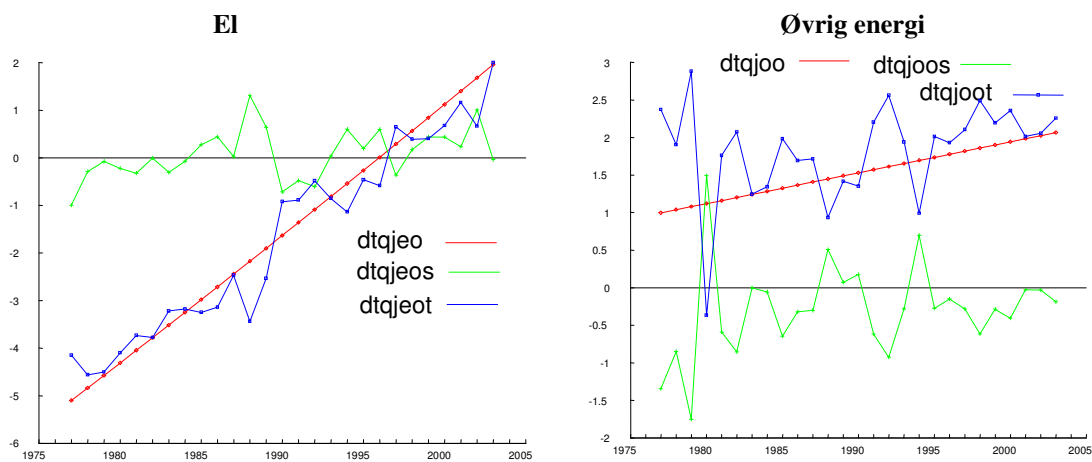
@LOGL = 99.61233

Parameter	Estimate	Standard Error	t-statistic	P-value
W2	.021448	.813008E-02	2.63812	[.008]
WW2	.404424E-03	.511488E-03	.790681	[.429]
W1	.026323	.888313E-02	2.96329	[.003]
WW1	.275948E-02	.688469E-03	4.00814	[.000]
E11	-.315531	.163760	-1.92679	[.054]
E12	.205991	.096851	2.12689	[.033]
K1	-3.61708	.105182	-34.3888	[.000]
V1	.518318	.282941	1.83190	[.067]
C1	.919000	.200418	4.58541	[.000]
E22	-.304978	.112597	-2.70859	[.007]
K2	-5.01508	1.07248	-4.67615	[.000]
GRADK2	.207873	.131877	1.57627	[.115]
V2	.515694	.466059	1.10650	[.269]
C2	.798036	.195756	4.07670	[.000]

Figur 29. Effektivitetsvækstrater (%) for el og øvrig energi



Figur 30. Strukturtrender og "rene" trender (%)



Effektivitetsvækstraten for øvrig energi har ligget mellem 1-2% p.a. igennem perioden, mens der i starten af perioden har været et kraftigt fald i el-effektiviteten, svarende til at der er blevet brugt mere el som følge af trendmæssig udvikling (indtrængning). Dette er dog vendt i den sidste del af perioden, og i 2005 ligger begge effektivitetsvækstrater på 2-3%.

Bilag 3. Implementering af CO₂-kvoter mht. el- og fjernvarmepriser

For forsyningssektoren bliver det straks noget vanskeligere. Som i resten af EMMA kunne det vælges at ignorere forsyningssektoren og betragte el- og fjernvarmepriserne som værende eksogene og bestemt i en model som f.eks. RAMSES eller Balmorel.

Mht. fjernvarmeprisen vil det typisk være antaget, at CO₂-kvoteprisen ikke påvirker denne. I hvert fald ikke før kvoterne begynder at stramme for fjernvarmeproducenterne, hvilket ikke er tilfældet nu. Fjernvarmeproducenterne er lovmæssigt forpligtet til at sætte priserne lig gennemsnitsomkostningerne (hvile-i-sig-selv-princippet), i modsætning til el-prisen, som er bestemt ud fra værkernes marginalomkostninger.

Mht. el-prisen har flere analyser af både bottom-up- og top-down-typen peget på, at en stigning i CO₂-kvoteprisen på 100 kr./ton giver sig udslag i en forøget el-pris på ca. 6-7 øre/kWh. Hvis vi kalder NordPool-prisen *pnpool*, og kalder den del af *pnpool*, som ikke skyldes CO₂-kvoter, for *pnpoolb* (*b* for "brændsler"), kan vi lægge CO₂-kvoteeffekten ind via følgende ligning:

$$\text{FRML_GJ_D} \quad \text{pnpool} = \text{pnpoolb} + \text{bpnpool1}/360 * (\text{pco2}/100) \quad \text{eq. (2.28)}$$

Her kan *bpnpool1* sættes til 7, svarende til de 7 øre/kWh for hver 100 kr./ton, som blev nævnt tidligere. At denne *b*-variabel har suffix 1 er fordi der muligvis vil blive introduceret flere af sådanne koefficienter, hvis det senere forsøges at endogenisere *pnpoolb* ud fra kul- gas- og oliepriser o.lign. Der divideres med 360, fordi der omregnes fra øre/kWh til mio. kr./TJ, som er enheden for *pnpool* (og de andre energipriser i EMMA). Således er *pnpool* tilsvarende genereret som den aktuelle NordPool-pris i øre/kWh divideret med 360. Hvis NordPool-prisen for 2005 er ca. 25 øre/kWh, skal dette altså oversættes til ca. 0,07 mio. kr./TJ. Til sammenligning ligger fremstillingerhvervenes el-priser i EMMA på omkring 0,12-0,14 mio. kr./TJ når afgifterne er trukket ud. *pnpool* kunne selvfølgelig godt have været defineret i øre/kWh, men så mistes den direkte sammenlignelighed til *pqje*'erne. Hvis CO₂-kvoteprisen antages at være f.eks. er 150 kr./ton, bliver dette oversat til $7/360 \cdot 150/100 \approx 0,03$ mio. kr./TJ, svarende til næsten halvdelen af 2005-NordPool-prisen på 0,07 mio. kr./TJ.

Datamæssigt er *pnpoolb* i statistikdækkede år lavet ved at løse eq.(2.28) for *pnpoolb*, givet at *bpnpool1* er sat til en værdi, som har været sandsynlig i disse år, f.eks. 7.

Samlet ser modulet vedr. CO₂-kvoternes effekt i forsyningssektoren ud som følger:

() Den overordnede el-pris sættes til at følge forsyningssektorens alternativt NordPool-elpris

$$\text{FRML_GJ_D} \quad \text{Dlog(pnele)} = (1-\text{dpool})*\text{Dlog(pqxe)} + \text{dpool}*d\text{log(pnpool)} \quad \$$$

() Den overordnede fjernvarmepris sættes til at følge el-prisen alternativt NordPool-elpris fratrukket CO₂-kvotebidrag

$$\text{FRML_GJ_D} \quad \text{Dlog(pnfjv)} = (1-\text{dpool})*\text{Dlog(pnele)} + \text{dpool}*d\text{log(pnpoolb)} \quad \$$$

() Det antages at en stigning i *pco2* på 100 kr./ton giver en el-prisstigning på 7 øre/kWh (som omregnes til mio. kr./TJ).

$$\text{FRML_GJ_D} \quad \text{pnpool} = \text{pnpoolb} + \text{bpnpool1}/360 * (\text{pco2}/100) \quad \$$$

I ligningerne er der indsat eksogeniseringsmuligheder.

Bilag 4. Ligninger

```

()
() Estimerede erhverv
()

frml _D      dlog(dtqjeal)      = dlog(dtqjeals) + dlog(dtqjealt) $
frml _D      dlog(dtqjoal)      = dlog(dtqjoals) + dlog(dtqjoalt) $
frml _DJRD   log(qJealw) = -log(dtqjeal) +log(fXal_emma)
                -0.131312*log(pbqjeal/pxal_emma/dtqjeal)
                -0.027046*log(pbqjoal/pxal_emma/dtqjoal) -2.64738 $
frml _DJRD   log(qJoalw) = -log(dtqjoal) +log(fXal_emma)
                -0.027046*bshal*log(pbqjeal/pxal_emma/dtqjeal)
                -0.130071*log(pbqjoal/pxal_emma/dtqjoal)
                +0.000000*log(gradedag) -1.24080 $
frml _SJR   Dlog(qJeal0) =0.528089*dlog(qJealw) +0.659402*log(qJealw(-1)/qJeal0(-1)) $
frml _SJR   Dlog(qJoal0) =0.583692*dlog(qJoalw) +0.747399*log(qJoalw(-1)/qJoal0(-1))
                + (1-0.583692)*0.000000*Dlog(gradedag) $

frml _D      dlog(dtqjenf)      = dlog(dtqjenfs) + dlog(dtqjenft) $
frml _D      dlog(dtqjonf)      = dlog(dtqjonfs) + dlog(dtqjonft) $
frml _DJRD   log(qJenfw) = -log(dtqjenf) +log(fXnf_emma)
                -0.110667*log(pbqjenf/pxnf_emma/dtqjenf)
                -0.011507*log(pbqjonf/pxnf_emma/dtqjonf) -2.92634 $
frml _DJRD   log(qJonfw) = -log(dtqjonf) +log(fXnf_emma)
                -0.011507*bshnf*log(pbqjenf/pxnf_emma/dtqjenf)
                -0.186254*log(pbqjonf/pxnf_emma/dtqjonf)
                +0.127431*log(gradedag) -3.17575 $
frml _SJR   Dlog(qJenf0) =0.430364*dlog(qJenfw) +0.398985*log(qJenfw(-1)/qJenf0(-1)) $
frml _SJR   Dlog(qJonf0) =0.421592*dlog(qJonfw) +0.422823*log(qJonfw(-1)/qJonf0(-1))
                + (1-0.421592)*0.127431*Dlog(gradedag) $

frml _D      dlog(dtqjenm)      = dlog(dtqjenms) + dlog(dtqjenmt) $
frml _D      dlog(dtqjonm)      = dlog(dtqjonms) + dlog(dtqjonmt) $
frml _DJRD   log(qJenmw) = -log(dtqjenm) +log(fXnm_emma)
                -0.073187*log(pbqjenm/pxnm_emma/dtqjenm)
                +0.100000*log(pbqjonm/pxnm_emma/dtqjonm) -3.15808 $
frml _DJRD   log(qJonmw) = -log(dtqjonm) +log(fXnm_emma)
                +0.100000*bshnm*log(pbqjenm/pxnm_emma/dtqjenm)
                -0.207727*log(pbqjonm/pxnm_emma/dtqjonm)
                +0.407316*log(gradedag) -6.38253 $
frml _SJR   Dlog(qJenm0) =0.298957*dlog(qJenmw) +0.496774*log(qJenmw(-1)/qJenm0(-1)) $
frml _SJR   Dlog(qJonm0) =0.242290*dlog(qJonmw) +0.302699*log(qJonmw(-1)/qJonm0(-1))
                + (1-0.242290)*0.407316*Dlog(gradedag) $

frml _D      dlog(dtqjenk)      = dlog(dtqjenks) + dlog(dtqjenkt) $
frml _D      dlog(dtqjonk)      = dlog(dtqjonks) + dlog(dtqjonkt) $
frml _DJRD   log(qJenk) = -log(dtqjenk) +log(fXnk_emma)
                +0.000000*log(pbqjenk/pxnk_emma/dtqjenk)
                +0.000000*log(pbqjonk/pxnk_emma/dtqjonk) -2.50009 $
frml _DJRD   log(qJonk) = -log(dtqjonk) +log(fXnk_emma)
                +0.000000*bshnk*log(pbqjenk/pxnk_emma/dtqjenk)
                +0.000000*log(pbqjonk/pxnk_emma/dtqjonk)
                +0.152257*log(gradedag) -3.32773 $
frml _SJR   Dlog(qJenk0) =0.074402*dlog(qJenk) +0.268482*log(qJenk(-1)/qJenk0(-1)) $
frml _SJR   Dlog(qJonk0) =0.465587*dlog(qJonk) +0.314328*log(qJonk(-1)/qJonk0(-1))
                + (1-0.465587)*0.152257*Dlog(gradedag) $

frml _D      dlog(dtqjenq)      = dlog(dtqjenqs) + dlog(dtqjenqt) $
frml _D      dlog(dtqjonq)      = dlog(dtqjonqs) + dlog(dtqjonqt) $
frml _DJRD   log(qJenqw) = -log(dtqjenq) +log(fXnq_emma)
                -0.237422*log(pbqjenq/pxnq_emma/dtqjenq)
                +0.100000*log(pbqjonq/pxnq_emma/dtqjonq) -2.87936 $
frml _DJRD   log(qJonqw) = -log(dtqjonq) +log(fXnq_emma)
                +0.100000*bshnq*log(pbqjenq/pxnq_emma/dtqjenq)
                -0.194853*log(pbqjonq/pxnq_emma/dtqjonq)
                +0.181167*log(gradedag) -3.56662 $
frml _SJR   Dlog(qJenq0) =0.181984*dlog(qJenqw) +0.505345*log(qJenqw(-1)/qJenq0(-1)) $
frml _SJR   Dlog(qJonq0) =0.407977*dlog(qJonqw) +0.385356*log(qJonqw(-1)/qJonq0(-1))
                + (1-0.407977)*0.181167*Dlog(gradedag) $

frml _D      dlog(dtqjeb)      = dlog(dtqjebes) + dlog(dtqjebt) $

```

```

frml _D      dlog(dtqjjob)      = dlog(dtqjjobs) + dlog(dtqjjobt) $
frml _DJRD  log(qJebw) = -log(dtqjeb) +log(fXb_emma)
              -0.157854*log(pbqjeb/pxb_emma/dtqjeb)
              +0.018083*log(pbqjjob/pxb_emma/dtqjjob) -5.36243 $
frml _DJRD  log(qJobw) = -log(dtqjjob) +log(fXb_emma)
              +0.018083*bshb*log(pbqjeb/pxb_emma/dtqjeb)
              + (-0.018083*bshb-0.157854+0.018083)*log(pbqjjob/pxb_emma/dtqjjob)
              +0.638913*log(graddag) -8.77635 $
frml _SJRJ  Dlog(qJeb0) =0.237321*dlog(qJebw) +0.228071*log(qJebw(-1)/qJeb0(-1)) $
frml _SJRJ  Dlog(qJob0) =0.632191*dlog(qJobw) +0.628446*log(qJobw(-1)/qJob0(-1))
              + (1-0.632191)*0.638913*Dlog(graddag) $

frml _D      dlog(dtqjeqh)      = dlog(dtqjeqhs) + dlog(dtqjeqht) $
frml _D      dlog(dtqjoqh)      = dlog(dtqjoqhs) + dlog(dtqjoqht) $
frml _DJRD  log(qJeqhw) = -log(dtqjeqh) +log(fXqh_emma)
              +0.000000*log(pbqjeqh/pxqh_emma/dtqjeqh)
              +0.000000*log(pbqjoqh/pxqh_emma/dtqjoqh) -3.09011 $
frml _DJRD  log(qJoqhw) = -log(dtqjoqh) +log(fXqh_emma)
              +0.000000*bshqh*log(pbqjeqh/pxqh_emma/dtqjeqh)
              +0.000000*log(pbqjoqh/pxqh_emma/dtqjoqh)
              +0.489011*log(graddag) -6.91995 $
frml _SJRJ  Dlog(qJeqh0) =0.388478*dlog(qJeqhw) +0.373890*log(qJeqhw(-1)/qJeqh0(-1)) $
frml _SJRJ  Dlog(qJoqh0) =0.868189*dlog(qJoqhw) +1.02433*log(qJoqhw(-1)/qJoqh0(-1))
              + (1-0.868189)*0.489011*Dlog(graddag) $

frml _D      dlog(dtqjeqk)      = dlog(dtqjeqks) + dlog(dtqjeqkt) $
frml _D      dlog(dtqjoqk)      = dlog(dtqjoqks) + dlog(dtqjoqkt) $
frml _DJRD  log(qJeqkw) = -log(dtqjeqk) +log(fXqk_emma)
              -0.123200*log(pbqjeqk/pxqk_emma/dtqjeqk)
              -0.077211*log(pbqjoqk/pxqk_emma/dtqjoqk) -4.96115 $
frml _DJRD  log(qJoqkw) = -log(dtqjoqk) +log(fXqk_emma)
              -0.077211*bshqk*log(pbqjeqk/pxqk_emma/dtqjeqk)
              + (-(-0.077211)*bshqk-0.123200-
0.077211)*log(pbqjoqk/pxqk_emma/dtqjoqk)
              +0.296523*log(graddag) -6.90707 $
frml _SJRJ  Dlog(qJeqk0) =0.256990*dlog(qJeqkw) +0.267914*log(qJeqkw(-1)/qJeqk0(-1)) $
frml _SJRJ  Dlog(qJoqk0) =0.361055*dlog(qJoqkw) +0.777843*log(qJoqkw(-1)/qJoqk0(-1))
              + (1-0.361055)*0.296523*Dlog(graddag) $

frml _D      dlog(dtqjeqo)      = dlog(dtqjeqos) + dlog(dtqjeqot) $
frml _D      dlog(dtqjoqo)      = dlog(dtqjoqos) + dlog(dtqjoqot) $
frml _DJRD  log(qJeqow) = -log(dtqjeqo) +log(fXqo_emma)
              -0.210529*log(pbqjeqo/pxqo_emma/dtqjeqo)
              +0.042367*log(pbqjoqo/pxqo_emma/dtqjoqo) -3.26317 $
frml _DJRD  log(qJoqow) = -log(dtqjoqo) +log(fXqo_emma)
              +0.042367*bshqo*log(pbqjeqo/pxqo_emma/dtqjeqo)
              -0.070630*log(pbqjoqo/pxqo_emma/dtqjoqo)
              +0.431300*log(graddag) -5.93303 $
frml _SJRJ  Dlog(qJeqo0) =0.508948*dlog(qJeqow) +1.08178*log(qJeqow(-1)/qJeqo0(-1)) $
frml _SJRJ  Dlog(qJoqo0) =0.442383*dlog(qJoqow) +0.950416*log(qJoqow(-1)/qJoqo0(-1))
              + (1-0.442383)*0.431300*Dlog(graddag) $

frml _D      dlog(dtqjeqq)      = dlog(dtqjeqqs) + dlog(dtqjeqqt) $
frml _D      dlog(dtqjoqq)      = dlog(dtqjoqqs) + dlog(dtqjoqqt) $
frml _DJRD  log(qJeqqw) = -log(dtqjeqq) +log(fXqq_emma)
              -0.503051*log(pbqjeqq/pxqq_emma/dtqjeqq)
              +0.064835*log(pbqjoqq/pxqq_emma/dtqjoqq) -4.75754 $
frml _DJRD  log(qJoqqw) = -log(dtqjoqq) +log(fXqq_emma)
              +0.064835*bshqq*log(pbqjeqq/pxqq_emma/dtqjeqq)
              -0.199692*log(pbqjoqq/pxqq_emma/dtqjoqq)
              +0.447486*log(graddag) -7.46956 $
frml _SJRJ  Dlog(qJeqq0) =0.577247*dlog(qJeqqw) +0.708130*log(qJeqqw(-1)/qJeqq0(-1)) $
frml _SJRJ  Dlog(qJoqq0) =0.710647*dlog(qJoqqw) +0.919109*log(qJoqqw(-1)/qJoqq0(-1))
              + (1-0.710647)*0.447486*Dlog(graddag) $

frml _D      dlog(dtqjeo)       = dlog(dtqjeos) + dlog(dtqjeot) $
frml _D      dlog(dtqjoo)       = dlog(dtqjoos) + dlog(dtqjooot) $
frml _DJRD  log(qJeow) = -log(dtqjeo) +log(fXo_emma)
              -0.315531*log(pbqjeo/pxo_emma/dtqjeo)
              +0.205991*log(pbqjoo/pxo_emma/dtqjoo) -3.61708 $
frml _DJRD  log(qJoow) = -log(dtqjoo) +log(fXo_emma)
              +0.205991*bsho*log(pbqjeo/pxo_emma/dtqjeo)
              -0.304978*log(pbqjoo/pxo_emma/dtqjoo)
              +0.207873*log(graddag) -5.01508 $

```

```

frml _SJR Dlog(qJeo0) =0.518318*dlog(qJeow) +0.919000*log(qJeow(-1)/qJeo0(-1)) $
frml _SJR Dlog(qJoo0) =0.515694*dlog(qJoow) +0.798036*log(qJoow(-1)/qJoo0(-1))
+ (1-0.515694)*0.207873*Dlog(graddag) $

```

() Beparelser medregnes i energiforbruget:

```

FRML _I qJeAF = qJeAF0 - dbqjeAF $
FRML _I qJeAG = qJeAG0 - dbqjeAG $
FRML _I qJeAL = qJeAL0 - dbqjeAL $
FRML _I qJeNF = qJeNF0 - dbqjeNF $
FRML _I qJeNM = qJeNM0 - dbqjeNM $
FRML _I qJeNK = qJeNK0 - dbqjeNK $
FRML _I qJeNQ = qJeNQ0 - dbqjeNQ $
FRML _I qJeB = qJeB0 - dbqjeB $
FRML _I qJeCE = qJeCE0 - dbqjeCE $
FRML _I qJeGL = qJeGL0 - dbqjeGL $
FRML _I qJeST = qJeST0 - dbqjeST $
FRML _I qJeQH = qJeQH0 - dbqjeQH $
FRML _I qJeQK = qJeQK0 - dbqjeQK $
FRML _I qJeQO = qJeQO0 - dbqjeQO $
FRML _I qJeQQ = qJeQQ0 - dbqjeQQ $
FRML _I qJeO = qJeO0 - dbqjeO $
FRML _I qJoAF = qJoAF0 - dbqjoAF $
FRML _I qJoAG = qJoAG0 - dbqjoAG $
FRML _I qJoAL = qJoAL0 - dbqjoAL $
FRML _I qJoNF = qJoNF0 - dbqjoNF $
FRML _I qJoNM = qJoNM0 - dbqjoNM $
FRML _I qJoNK = qJoNK0 - dbqjoNK $
FRML _I qJoNQ = qJoNQ0 - dbqjoNQ $
FRML _I qJoB = qJoB0 - dbqjoB $
FRML _I qJoCE = qJoCE0 - dbqjoCE $
FRML _I qJoGL = qJoGL0 - dbqjoGL $
FRML _I qJoST = qJoST0 - dbqjoST $
FRML _I qJoQH = qJoQH0 - dbqjoQH $
FRML _I qJoQK = qJoQK0 - dbqjoQK $
FRML _I qJoQO = qJoQO0 - dbqjoQO $
FRML _I qJoQQ = qJoQQ0 - dbqjoQQ $
FRML _I qJoO = qJoO0 - dbqjoO $

FRML _I qJexc = qJexc0 - dbqjec $

```

Bilag 5. Kør EMMA-modellen

Installér Gekko ved at gå ind på hjemmesiden www.t-t.dk/gekko. Vælg 'Software versions' og her kan den nyeste version downloades.

Nedenstående funktioner kan enten benyttes enkeltvis eller indsættes i en tekstfil og gemmes som en CMD-fil eller en ADD-fil. Fordelen ved ADD-filen er, at Gekko skriver med farvekoder, hvis editoren Kedit benyttes. CMD-filer afvikles ved at skrive [filnavn] i Gekko-prompten. ADD-filer afvikles ved at skrive 'add [filnavn].add' i prompten.

() clear alle databanker

closeall

() Indlæser EMMA's formelfilen

model emma09

() Indlæser EMMA's databank

read emma1209

() Fastsætter perioden

time 2000 2008

() Udskriver de angivet variabler i Excel, så de kan sammenlignes med forsøget

csvwrite test2 klima VVAND GRADDAG

() Forsøg med opdatering af variabler

upd GRADDAG 2005 2005 % 10

() Simulering af modellen

sim 2000 2008

() Udskriver de angivet variabler i prompten

prt klima VVAND GRADDAG

() Udskriver de angivet variabler i Excel

csvwrite test2 klima VVAND GRADDAG

() Udskriver den nye bank i TSD-format, som derefter kan åbnes, printes fra og lave sammenligninger

write testbank

() clear alle databanker

closeall

I det ovenstående multiplikatorforsøg er variabelen Graddag øget med 10 % i 2005.

For at bruge **CSVwrite** i Gekko skal der ændres på indstillinger på computeren (Under 'Start'-menuen vælges 'Instillinger' og 'Kontrolpanel' -> vælg 'Internationale og sproglige indstillinger' -> byt om på komma , og punktum .)

I ADAM-gruppen findes en **ligningsbrowser**, som mange har været glade for gennem tiderne. Den bruges til at finde variabler og betydningen af disse. Denne funktion findes også i Gekko. For at benytte Gekkos ligningsbrowser indlæser man en model og en databank.

() Indlæser EMMA's formelfilen

`model emma10`

() Indlæser EMMA's databank

`read emma0410`

() Udskriver variabel

`disp pKza`

Udskriften bliver som nedenstående:

```
-----
pKza
Endogenous, Annual data from 1980 to 2008
Samlet transportarbejde for turtype a
(mio. personkilometer)
Kilde: Danmarks Statistik og Vejdirektoratet
Beregning:

FRML _SJRD      log (pKza)      = 0.15000 +1.0*log (Q1) + 0.017000*t + 0.28600*D8093 +
0.16300*D8001 $

Influences: pKzal, pKzab, pKzae, pKaa
```

Date	Value	%
1990	19994.7400	1.27
1991	20077.6400	0.41
1992	20236.7500	0.79
1993	20082.2700	-0.76
1994	18610.9300	-7.33
1995	17536.4900	-5.77
1996	17470.3900	-0.38
1997	17062.6000	-2.33
1998	17538.7200	2.79
1999	17298.2200	-1.37
2000	17919.0100	3.59
2001	18419.8700	2.80
2002	15781.8500	-14.32
2003	16621.4400	5.32
2004	16301.8600	-1.92
2005	16093.6900	-1.28
2006	16040.6300	-0.33
2007	16362.7800	2.01
2008	16423.4700	0.37

Bilag 6. Kommandoer i Gekko

Nedenfor gives en kort gennemgang af de mest EMMA-relevante Gekko-kommandoer. For flere detaljer om Gekko henvises til Gekko's hjemmeside: www.t-t.dk/gekko. Der kan man finde en mere detaljeret dokumentation af softwaren. Syntaksen følger PCIM, dvs. det software, som pt. bruges til at simulere ADAM i.

Gekko opererer i en arbejdsmappe, som man kan sætte under "File → Set working dir". Det er hér, at Gekko kigger efter input-filer (bl.a. modeller og databanker) og lægger output-filer. Gekko husker denne arbejdsmappe fra gang til gang. (Det er muligt at starte Gekko op direkte i en mappe angivet på anden vis (f.eks. fra Total Commander), men denne mulighed er for de mere avancerede, og der henvises til den detaljerede dokumentation).

Generelt kan man gemme kommandoer i såkaldte kommando-filer (.cmd-filer), som man kan eksekvere bagefter. Disse filer kan godt kalde hinanden. Hvis kommandofilen f.eks. hedder koersel.cmd, kan man kalde den i Gekko ved blot at skrive "koersel". I kommandofilen kan man skrive kommentarlinjer; disse skal begynde med "()". Typisk vil man lægge sin kommandofil i arbejdsmappen.

closeall

Sletter alle databanks mv. Det kan være godt at starte sin kommandofil med denne oprydning.

cls

Sletter output-vinduet, hvis man ønsker det (står for "clear screen").

time [tidsperiode]

Sætter tidsperioden, f.eks. "time 95 2004". Tidsperioden kan også angives i en del andre kommandoer. Når den sættes i andre kommandoer (hvis der f.eks. simuleres: "sim 95 2004") skal man huske, at den også i det tilfælde kommer til at gælde for de efterfølgende kommandoer (dvs. "globalt").

read [banknavn]

Læser en databank i tsd-format, f.eks. "read emma0909". Man behøver ikke at skrive "read emma0909.tsd". Tsd-formatet er et ikke-binært format, som man med lidt træning godt selv kan læse i med en teksteditor. Formatet bruges bl.a. af AREMOS, men er ellers ikke så udbredt. Hvis tidsperioden ikke allerede er sat før denne læsning, sættes den så den dækker hele databank-perioden.

write [banknavn]

Skriver en databank i tsd-format, f.eks. "write basis2009". Dette laver filen basis2009.tsd i arbejdsmappen.

csvread [filnavn]

Indlæser en kommasepareret databank, f.eks. "csvread nydata". Kommandoen indlæser filen "nydata.csv". Csv-filen skal have variabler i rækkerne og årstal i kolonnerne. Den kan laves i Excel, hvor der bagefter gemmes i csv-format (komma-separeret, dvs. strengt taget semikolon-separeret):

	A	B	C	D
1		2003	2004	2005
2	qJtnm	154.32	143.32	134.32
3	qJenm	233.32	322.34	322.94
4	qJonm	112.65	132.32	102.97

dette laver Excel til denne csv-fil:

```
;2003;2004;2005
qJtnm;154.32;143.32;134.32
qJenm;233.32;322.34;322.94
qJonm;112.65;132.32;102.97
```

csvwrite [filnavn] [periode]

Skriver en csv-fil, f.eks. "csvwrite koersel". Der kan angives et tidsinterval ("csvwrite koersel 2003 2005"). Gekko lægger så filen koersel.csv i arbejdsmappen. Csv-filen kan indlæses direkte i Excel.

Wplot [variable]

Udskriver en eller flere variable til en xlsx-fil, f.eks. "wplot qjeal". Gekko lægger xlsx-filen i arbejdsmappen.

upd [variabelnavn] [tidsperiode] [operator] [værdier]

Ændrer en variabel. F.eks. "upd tqjfnm 2009 2011 = 0.235". Her sættes værdien til 0.235 i alle tre år. Hvis der ønskes særskilte værdier, skrives disse blot: "upd tqjfnm 2009 2011 = 0.235 0.241 0.243". Der er nogle forskellige operatører (farverne forklares nedenfor):

- = er ligetil: værdierne indsættes i variabelen. Altså variabel = værdi.
- + tilføjer tallet/tallene, f.eks. "upd tqjfnm 2009 2011 + 0.01". Altså hæves variabelen med 0.01 i hvert af årene i forhold til hvad den er i forvejen. Variabel = variabel + værdi.
- ^ sætter den *årlige* ændring. F.eks. får "upd tqjfnm 2009 2011 ^ 0.01" variabelen til at stige med 0.01 hvert år i forhold til forrige års værdi. Altså variabel = variabel(-1) + værdi.
- * ganger tallet op, f.eks. "upd tqjfnm 2009 2011 * 1.01". Dette svarer til at hæve variabelen med 1% i forhold til hvad den er i forvejen. Variabel = variabel * værdi.
- % sætter den *årlige* procentstigning, f.eks. "upd tqjfnm 2009 2011 % 1". Dette svarer til at variabelen sættes til at stige med 1% årligt i forhold til forrige års værdi. Variabel = variabel(-1) * (1+værdi/100).

Der er nogle yderligere muligheder med upd-ordren, men de viste er de mest brugte. Den mest typiske fejltagelse er at forveksle "+" hhv. "^" eller "*" hhv. "%". Man skal starte med at spørge sig selv, om man ønsker at ændre variabelen i forhold til dens nuværende værdier år for år, eller i forhold til variabelens laggede værdier (dvs. fra året før). Hvis det er det første, skal man bruge "+" eller "*", og er det det andet, skal man bruge "^" eller "%" (den første grønne gruppe bruges mest når man fremskriver sine variable, mens den anden orange gruppe mest bruges når man laver multiplikatoreksperimenter). Så hvis man i et multiplikatoreksperiment skal hæve en variabel med 1% i forhold til hvad den er i forvejen, skal man altså skrive "upd qjenm 2009 2011 * 1.01". Eller hvis man vil hæve olieprisen med 10% i forhold til hvad der er i grund-banken, skal man skrive "upd pno1i 2009 2011 * 1.10". Hvis man skriver "% 10" i stedet fås at olieprisen år for år sættes til at stige med 10% i forhold til året før, og det er noget helt andet.

mulbk

Laver en grund-bank ("baseline") som en kopi af arbejdsbanken. Dette bruges til multiplikatoranalyser, hvor man har brug for at sammenligne to kørsler. Kopieringen foregår i computerens hukommelse, så der skrives ikke nogen filer. Man kan godt skrive "mulbk koersel", hvis man f.eks. har en tsd-fil ved navn "koersel.tsd" liggende, som man vil have indlæst som grund-bank.

model [modelnavn]

Indlæser en model/formelfil i .frm-format, f.eks. "model emma09" (Gekko tilføjer selv .frm som efternavn). Det er nødvendigt at have både en model og en databank for at kunne simulere.

sim [tidsperiode]

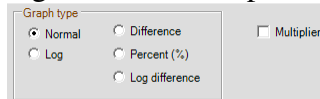
Simulerer modellen, f.eks. "sim 2009 2030".

flat [tidsperiode]

Denne kommando bruges undertiden. F.eks. sætter "flat 2031 2050" alle variabler i perioden til deres 2030-værdier. Kommandoen kan f.eks. bruges til at udvide en databank med flere fremtidige perioder til fremskrivningsbrug.

p [<options>] [variabler]**pplot [<options>] [variabler]**

Udprint ("p") og grafer ("pplot") har samme syntaks. I det første tilfælde skrives i outputvinduet, og i det andet tilfælde laves en graf. F.eks. "p qjtnm qjenm" eller "pplot qjtnm qjenm". I option-feltet kan man angive "m" for multiplikator og "l", "d", "p", "dl" for log, diff, procent eller dlog. Altså for eksempel "p <md> qjtnm qjenm" for at få vist ændringer ("d") i forhold til multiplikatorbanken ("m"). Hvis man vil have forskellene i procent, kan man i stedet skrive "p <mp> qjtnm qjenm". Hvis option-feltet bruges i forbindelse med grafer, kommer man direkte ind i denne kombination i grafen (f.eks. "pplot <md> qjtnm qjenm"). I grafen kan man selv klikke sig frem til disse options og skifte mellem dem:



Der tillades brug af matematiske udtryk, f.eks. "p <md> qjtnm/qjenm". Hvis der er flere argumenter med udtryk i, *skal* der adskilles med komma. F.eks. "p <p> qjtnm/fxnm, qjenm/fxnm". (Dette komma er for at programmet skal være i stand til at adskille udtrykkene). Udtryk kan være alt som kan accepteres på højresiden af en ligning i formelfilen.

mulprt [variabler]

Synonym for "p <md>", dvs. multiplikatorprint. Mulprt bruges for at få vist en multiplikator i absolutte ændringer.

mulpct [variabler]

Synonym for "p <mp>". Mulpct bruges for at få vist en multiplikator i procentvise ændringer.

disp [variabel]

Variablen printes ud, inklusive meta-information (dvs. dens ligning hvis den er endogen, hvilke ligninger den indgår i, information fra variabellisten mv.). Der kan ikke angives udtryk eller flere variabler på én gang. Brug "p"-ordren til dette. De viste variabler i skærmoutput er klikbare (hvilket svarer til den såkaldte ligningsbrowser).

genr [formel]

Udregner en variabel vha. en formel. F.eks. "genr qjznm = qjtnm + qjwnm \$". Der skal afsluttes med dollartegn. Man kan skrive alt, hvad der er tilladt i modellen (frm-filen). Derfor kan man f.eks. også skrive mere komplekse udtryk som "genr dlog(qjenm) = dlog(qjtnm) \$". Dette sætter vækstraten i *qjenm* lig vækstraten i *qjtnm*. Hvis variabelen ikke findes, bliver den oprettet.

create [variabelnavn]

Laver en ny (tom) variabel med dette navn i arbejdsbanken (i hukommelsen). Alle værdierne sættes til missing value.

delete [variabelnavn]

Sletter en variabel med dette navn i arbejdsbanken (i hukommelsen).

return

Returnerer fra den igangværende kommandofil. Kan f.eks. indsættes, hvis man kun ønsker at køre en del af sit program.

Andre funktioniteter i Gekko

Udover de ovenfor nævnte kommandoer, findes der bl.a. mulighed for at arbejde med lister af variabler, slå dummier til og fra, mål-middel mv.

Hvis man skal have data ind fra programmet TSP, kan man bruge faciliteten i menuen "Utilitites → Tsp import data..".

Der findes desuden faciliteter til at sammenligne to databanker, samt til at sammenligne variabler i formelfil, databank og variabelliste.

Bilag 7. Kommenteret kørselsfil

En fremskrivning i EMMA dækker erhverv og husholdninger. Strukturen i en kørsel med EMMA er følgende: Først indlæses model, data og ADAM-fremskrivning. Dernæst håndteres en række data opdateringer f.eks. energiforbrug i særlige erhverv, hvor elværksstatistikken anvendes samt eksogene variable til Risøs husholdnings- og persontransportmodel.

Dernæst fremskrives de eksogene energi priser samt CO₂-prisen. Herefter opdateres trende, og endelig opdateres skatter og avancer før modellen simuleres.

Klargøring

Til at starte med lukkes alle aktive banker, alle beregnede data slettes og skærmen cleares således at man er sikker på, at starte på en frisk.

```
closeall
delete all
cls
```

Dernæst vælges løsningsalgoritmen. Hvis der ikke angives nogen valgt løsningsalgoritme anvender Gekko Gauss-algoritmen. Nedenfor er valgt newton.

```
option solve method newton
```

Efterfølgende defineres den valgte model (.frm) samt relevante banker (.tsd). Det er ikke nødvendigt at angive filtyperne (.frm og .tsd)

```
MODEL Emma10.frm
READ jjust10.tsd
READ Adamfrem_aug2010.tsd
```

Endelig sættes tidsperioden:

```
TIME 1975 2030
```

Håndtering af substitution af brændsler i Øvrig energi

Til opdelingen af Øvrig energi i EMMA kan enten anvendes faste andele eller en estimeret substitutionsmodel. Dette vælges ved at sætte "dsubsys" til 0, hvis der anvendes faste andele, og 1, hvis substitutionsmodellen anvendes, dvs.:

```
() Substitution mellem øvrig brændsel => dsubsys = 1
GENR dsubsys = 0 $
```

Energiforbrug i særlige sektorer

I nedenstående eksempel fastsættes først produktionsværdien i stålvalseværket til at fortsætte uændret i fremskrivningsperioden. Dernæst opdateres energiforbruget i stålværket jf. elværksstatistikken.

```
() Eksogent produktionsværdi for Stålvalseværket (st)
time 2009 2030
UPD fxst_emma % 0
```

- () elst er stålvalseværkets elforbrug i Gwh
- () Kilde: fra elværksstatistikken "jern- og metalværker"

TIME 1990 2007

() forbruget er 270 GWh i b?de 2007 og 2008
 UPD elst 1978 2030 =
 585 594 611 621 563 536 609 620 670
 630 663 614 582 574 567 570 656 628
 657 668 672 645 646 678 398 192 244
 316 251 270 270 170
 170 170 170 170 170 170 170 170
 170 170 170 170 170 170 170 170
 170 170 170 170

time 1980 2008

() qjst omregner elst fra GWh til TJ
 genr qjst = elst*3.6 \$
 genr qjst1 = qjst \$

Jernbanernes elforbrug fastsættes i henhold til elværksstatistikken og fremskrives eksogent ud fra DSB's forventninger

- () Eksogent elforbrug for jernbane (qj)
- () Elforbrug jf. Risø

- () eljb er jernbanernes elforbrug i Gwh
- () Kilde: Elværksstatistikken

UPD eljb 1978 2030 =
 154 161 173 172 173 171 172 184 189 206
 218 236 204 199 195 212 226 237 256 282
 325 341 348 348 364 353 370 375 376 356
 378 395 395 395 395 395 395 395 395 402
 402 402 402 402 402 402 402 402 402 402
 402 402 402

- () qjeqj omregner eljb fra GWh til TJ

genr qjeqj = eljb*3.6 \$

Eksogene variable til Risøs husholdningsmodel

Opdatering af graddage:

- () elværksstatistik graddage, gennemsnit = 2542,
- () anvendes til at generere g
- () gr genereres som check på g
- () Kilde: Lisbeth Petersson, DanskEnergi

create graddage gr

UPD GRADDAGde 1976 2030 =
 2684 2569 2680 2945 2803 2702 2530 2451
 2451 3053 2783 2894 2458 2026 1872 2349
 2389 2553 2362 2541 2979 2649 2488 2460
 2060 2518 2425 2511 2272 2306 2336 2019

2159 2318 3017 2542 2542 2542 2542 2542
 2542 2542 2542 2542 2542 2542 2542 2542
 2542 2542 2542 2542 2542 2542 2542 ;

genr gr = graddagde/2542 \$

Dernæst fremskrives antallet opvarmede kvadratmeter, antallet af luksushuse, stuehuse i landbrug, antallet af fritidshuse samt elvarme:

- () antal m2 opvarmet areal skal fremskrives
- () med væksten i husholdningernes boligkapital
- () jf. ADAM-fremskrivning "fkbhe+fkbhl" (fkbh)

UPD khm2 2009 2030 %
 0.73960 0.64498 0.64739 0.69974 0.69979 0.70005
 0.69997 0.70006 0.70028 0.70048 0.70047 0.72093
 0.72399 0.73405 0.74288 0.75014 0.75631 0.76056
 0.76423 0.76750 0.77083 0.77322

- () eksogenisering af antal luxushuse (fritidshuse)
- upd d_luxhus = 30

- () antal stuehuse på landbrug jf. elværskstatistikken

upd fstue 2009 2030 =
 130.0 128.6 127.2 125.8 124.4 123.0 121.6 120.2 118.8 117.4 116.0
 114.6 113.2 111.8 110.4 109.0 107.6 106.2 104.8 103.4 102.0 100.6

- () antal fritidshuse jf. elværskstatistikken

upd frhus 2009 2030 =
 235.1 236 237 238 239 240 241 242
 243 244 245 246 247 248 249 250 251 252 253 254 255 256

- () fremskrivning af elvarme-andel BQJECV (elvarme: qjvec)
- () i fremskrivningen forudsættes en halvering af andelen
- () af elvarme frem mod 2030
- () dette betyder årlig ændring i bjecv på -3%

TIME 2009 2030
 UPD bqjvec % -3.0

Eksogene variable til Risøs persontransportmodel

Til fremskrivning ved brug af Risøs transportmodel skal følgende variable opdateres:

Andelen af elbiler bEce:

upd bEce 2008 2030 =
 0 0 0.0001411 0.003002 0.005919 0.008779
 0.011598 0.014365 0.017105 0.019791 0.022445 0.025047
 0.027598 0.037277 0.046778 0.056179 0.065415 0.074610
 0.083630 0.092614
 0.101446 0.110206 0.118812

Effektiviteten af elbiler bEtce i antal km/kWh for personbiler:

```

upd bEtce 2008 2030 =
5      5      5      5.26 5.26 5.26 5.26 5.26 5.55
5.55 5.55 5.55 5.55 5.88 5.88 5.88 5.88 5.88
5.88 5.88 5.88 5.88 5.88

```

for taxa:

```

upd bEttae 2008 2030 =
5      5      5      5.26 5.26 5.26 5.26 5.26 5.55
5.55 5.55 5.55 5.55 5.88 5.88 5.88 5.88 5.88 5.88 5.88
5.88 5.88 5.88

```

km med bus er p.t. ekogen,, holdes konstant i fremskrivningen:

```
upd kKbu % 0.0
```

Fremskrivning af prisen på at køre elbil:

- () beregning af pris på kørsel i elbil pcg er 1 i 2000
- () pqjtc er pris pr TJ fra energibalancerne
- () pris pr km i elbil ca 0.5* pris i benzinbil

```

time 1980 2030
genr qjtcb = qjtc_risoe $
create pcge
genr pcge = 0.5*pcg $
time 2010 2030
genr pqjtce = 0.5*pqjtc $
genr dlog(pcge) = dlog(pqjec) $
genr pCgbke = 0.17*pcge + 0.49*pcb + 0.34*pck $

```

Energipriser

Priserne på olie, kul, gas, bio og el er endogeniseret og tager udgangspunkt i en eksogen fast pris på samme.

Udviklingen i prisen på olie i faste priser:

```

UPD fboil 2009 2030 =
60.40 66.00 71.6 77.2 82.8 88.4 94
97.2 100.4 103.6 106.8 110 112 114
116 118 120 122 124 126 128
130

```

```

UPD fkul 2009 2030 =
21.70 21.94 22.19 22.43 22.68 22.92 23.17
23.53 23.89 24.25 24.62 24.98 25.15 25.31
25.48 25.65 25.82 25.95 26.09 26.23 26.36
26.50

```

```

UPD fgas 2009 2030 =
40.70 44.08 47.46 50.84 54.22 57.60 60.97
62.49 64.00 65.51 67.02 68.53 69.40 70.26
71.13 71.99 72.85 73.93 75.01 76.09 77.17
78.25

```

```

UPD fbio 2009 2030 =
47.45 47.45 47.45 47.45 47.45 47.45 47.45
47.45 47.45 47.45 47.45 47.45 47.45 47.45
47.45 47.45 47.45 47.45 47.45 47.45 47.45

```

47.45

upd fpqxe 2009 2030 =

64.50	68.12	68.45	69.60	71.83	71.82	72.13
72.25	71.28	72.64	72.95	73.23	73.48	73.68
73.90	74.11	74.27	74.27	74.27	74.27	74.27
74.27						

Endelig opdateres fjernvarmeprisen:

time 2009 2030

genr pnfjv = 0.55*pnkul + 0.25*pngas + 0.20*pnbio \$

CO₂

CO₂ emissionskoefficienterne er konstante historisk såvel som i fremskrivningen, hvorfor opdateringen ser ud som følger for samtlige sektorer:

() Opdatering af emissionskoefficienter

Time 2009 2030

upd BNCFAF % 0

upd BNCFAG % 0

.

.

.

upd BNCSNQ % 0

upd BNCSO % 0

Og CO₂-kvoteprisen fremskrives:

() Kvotepris, 2009 ca 15 euro/ton eller 110 kr/ton.

() Hvis 2020-målsætning skal opfyldes bliver prisen i

() størrelses ordenen 35 euro/ton eller ca 260 kr/ton

UPD pco2 2007 2030 =

59.65	68.98	78.75	88.96	99.55	110.56	121.82
133.40	145.50	158.01	171.01	184.50	198.57	213.15
217.86	222.64	227.54	232.59	237.85	243.14	248.52
254.08	259.75	265.66				

Trende**Trende – el**

Først opdateres strukturtrende for el, historisk trend for el inkl. trende for el i Risøs husholdningsmodel, og endelig besparelestrende for el inkl. trende for el i Risøs husholdningsmodel.

() Erhvervenes og husholdningernes trende for el

() Kilde: Risø 2007

() Strukturtrend el

Time 2009 2030

UPD dtqjeafs % 0.00

UPD	dtqjeags	%	0.00
UPD	dtqjeals	%	-0.31
UPD	dtqjenfs	%	0.43
UPD	dtqjenms	%	-0.79
UPD	dtqjests	%	0.00
UPD	dtqjenks	%	-1.79
UPD	dtqjenqs	%	0.24
UPD	dtqjeces	%	0.00
UPD	dtqjegls	%	0.00
UPD	dtqjebes	%	0.29
UPD	dtqjeqhs	%	-0.59
UPD	dtqjeqks	%	1.28
UPD	dtqjeqos	%	-0.41
UPD	dtqjeqqs	%	0.30
UPD	dtqjeos	%	0.33

() Historisk Tidstrend el

Time 2009 2030

UPD	dtqjeaft	%	-1.80
UPD	dtqjeagt	%	-1.90
UPD	dtqjealt	%	0.48
UPD	dtqjenft	%	-0.77
UPD	dtqjenmt	%	2.00
UPD	dtqjestt	%	2.30
UPD	dtqjenkt	%	4.00
UPD	dtqjenqt	%	-0.64
UPD	dtqjecet	%	-1.70
UPD	dtqjeglt	%	-2.10
UPD	dtqjebt	%	0.00
UPD	dtqjeqht	%	2.60
UPD	dtqjeqkt	%	0.00
UPD	dtqjeqot	%	0.54
UPD	dtqjeqqt	%	-1.29
UPD	dtqjeot	%	1.01

() Trende Risø hush. model

UPD	dteklejt	%	0.50
UPD	dtekhust	%	0.50
UPD	dttmpt	%	0.40

() Besparelser-trend el

Time 2009 2030

UPD	dtqjeafb	%	0.0
UPD	dtqjeagb	%	0.0
UPD	dtqjealb	%	0.0
UPD	dtqjenfb	%	0.0
UPD	dtqjenmb	%	0.0
UPD	dtqjestb	%	0.0
UPD	dtqjenkb	%	0.0
UPD	dtqjenqb	%	0.0
UPD	dtqjeceb	%	0.0
UPD	dtqjeglb	%	0.0
UPD	dtqjebb	%	0.0
UPD	dtqjeqhb	%	0.0
UPD	dtqjeqkb	%	0.0
UPD	dtqjeqob	%	0.0

UPD	dtqjeqqb	%	0.0
UPD	dtqjeob	%	0.0

() Trende Risø hush. model

UPD	dteklejb	%	0.0
UPD	dtekhusb	%	0.0
UPD	dttmpb	%	0.0

Trende – øvrig energi

Tilsvarende opdateres først strukturtrende for øvrig energi, historisk trend for øvrig energi inkl. husholdningernes varmeforbrug, og endelig besparelsetrende for øvrig energi inkl. trende for el i husholdningernes varmeforbrug.

- () Erhvervenes og husholdningernes trende
- () Øvrig energi
- () Kilde: Risø 2007

() Strukturtrend Øvrig

Time 2009 2030			
UPD	dtqjoafs	%	0.00
UPD	dtqjoags	%	0.00
UPD	dtqjoals	%	-0.16
UPD	dtqjonfs	%	0.30
UPD	dtqjonms	%	-0.79
UPD	dtqjosts	%	0.00
UPD	dtqjonks	%	0.15
UPD	dtqjonqs	%	1.22
UPD	dtqjoces	%	0.00
UPD	dtqjogls	%	0.00
UPD	dtqjobs	%	0.04
UPD	dtqjoqhs	%	0.17
UPD	dtqjoqks	%	0.71
UPD	dtqjoqos	%	-0.16
UPD	dtqjoqqs	%	0.07
UPD	dtqjoos	%	-0.16

() Historisk Tidstrend Øvrig

Time 2009 2030			
UPD	dtqjoaft	%	-1.80
UPD	dtqjoagt	%	2.40
UPD	dtqjoalt	%	-1.26
UPD	dtqjonft	%	-0.34
UPD	dtqjonmt	%	0.82
UPD	dtqjostt	%	-3.10
UPD	dtqjonkt	%	3.61
UPD	dtqjonqt	%	0.02
UPD	dtqjocet	%	0.50
UPD	dtqjoglt	%	-1.60
UPD	dtqjobt	%	-0.56
UPD	dtqjoqht	%	2.20
UPD	dtqjoqkt	%	2.90
UPD	dtqjoqot	%	-1.20

UPD dtqjoqqt	%	-0.35
UPD dtqjoot	%	0.86

() husholdningernes varmeforbrug

UPD dtqjvclt	%	-0.38
--------------	---	-------

() Besparelsis-trend Øvrig

Time 2009 2030

UPD dtqjoafb	%	0.0
UPD dtqjoagb	%	0.0
UPD dtqjoalb	%	0.0
UPD dtqjonfb	%	0.0
UPD dtqjonmb	%	0.0
UPD dtqjostb	%	0.0
UPD dtqjonkb	%	0.0
UPD dtqjonqb	%	0.0
UPD dtqjoceb	%	0.0
UPD dtqjoglb	%	0.0
UPD dtqjobb	%	0.0
UPD dtqjoqhb	%	0.0
UPD dtqjoqkb	%	0.0
UPD dtqjoqob	%	0.0
UPD dtqjoqqb	%	0.0
UPD dtqjoob	%	0.0

() husholdningernes varmeforbrug

UPD dtqjvclb	%	0.0
--------------	---	-----

Trende – transportenergi

Endelig opdateres effektivitetsindeksene for transportenergi og transportbrancherne.

() -----
 () Eff-indeks for transportenergi.
 () Kilde: Risø 2007
 () -----

time 2009 2030

UPD dtqjtaf	%	1
UPD dtqjtag	%	1
UPD dtqjtal	%	1
UPD dtqjtnf	%	1
UPD dtqjtnm	%	1
UPD dtqjtst	%	1
UPD dtqjtnk	%	1
UPD dtqjtnq	%	1
UPD dtqjtce	%	1
UPD dtqjtgl	%	1
UPD dtqjtb	%	1
UPD dtqjtqh	%	1
UPD dtqjtqk	%	1
UPD dtqjtqo	%	1
UPD dtqjtqq	%	1
UPD dtqjto	%	1

UPD dtqjtc % 0.5

() Transportbrancher

TIME 2009 2030

UPD dtqjzqs % 1.69

UPD dtqjzql % 1.96

UPD dtqjzqv % 0.43

UPD dtqjzqj % 1.80

Besparelser

En anden måde at håndtere besparelser i EMMA på, er ved at gøre som i Energistyrelsen, hvor besparelsetrendene opdateres med en beregnet værdi.

() besparelser

time 2009 2030

upd dbqjeaf =	-10.6165544	-9.59972416	-7.031271613
-4.488264984	-2.091321537	0.154642379	1.075922654
1.807638275	2.42262987	2.929088433	3.338885031
3.483209081	3.500165421	3.399557101	3.156017943
2.77175376	2.273551374	1.646552537	0.977005697
0.292514212	-0.627740994		

upd dbqjoaf =	3.35835E-05	5.93607E-05	7.3897E-05
8.49414E-05	9.34641E-05	0.000100596	0.000110275
0.0001208	0.000131342	0.00014202	0.00015257
0.000162713	0.000172571	0.000182312	0.000191662
0.000200667	0.000209578	0.000218142	0.000226794
0.000235499	0.000243078		

.
.
.

upd dbqjec =	-415.9684966	923.17969	2219.935067
3485.653743	4758.77021	5979.549227	6617.161457
7234.648767	7857.506027	8436.385617	8997.299387
9332.313797	9651.140637	9984.397817	10267.39104
10535.1108	10787.45875	11020.02932	11268.98902
11480.96691	11648.42111		

Skatter og avancer

Til sidst opdateres skatter og avancer på følgende måde:

() -----
 () Skatter og avancer
 () -----

list + #teqj teqjbAF &
 teqjbAG &

```

.
.
.
teqjbQV          &
teqjeAF          &
.
.
.
teqjeQV          &
teqjfAF          &
.
.
.
teqjfQV          &
.
.
.
teqjtQS          &
teqjtQV
.

list + #tcqj tcqjbAF &
      tcqjbAG        &
.
.
.
tcqjtQS          &
tcqjtQV
.

list + #tcqj tcqjbAF &
      tcqjbAG        &
.
.
.
tcqjtQS          &
tcqjtQV
.

list + #avqj avqjbAF &
      avqjbAG        &
.
.
.
avqjtQS          &
avqjtQV

```

() avqj opdateres med udviklingen i pxqh Output prisen i serviceerhvervet

UPD	#AVQJ	2009	2030	%		
2.8177	1.8326	1.6352	1.2757	1.7989	1.6541	
1.6508	1.7115	1.6796	1.5918	1.5831	2.1499	
1.4288	1.5089	1.4571	1.4181	1.4492	1.4542	
1.4880	1.4690	1.4874	1.5373			

- () teqj og tcqj (energi og CO2 skatter) opdateres med ()1.8% p.a. pga. ændret top-skattegrænse
- () opdateret med adam afgifter f.eks. tvenm
- () - undtagen i 2009, hvor 1,8 opretholdes

```
UPD #TEQJ 2009    2030 %
  1.80  8.70  8.00  4.26  3.48  1.99  1.91  1.89  1.88
  1.81  1.78  1.80  1.85  1.81  1.80  1.80  1.80  1.78
  1.80  1.78  1.78  1.79
```

```
UPD #TCQJ 2009    2030 %
  1.80  8.70  8.00  4.26  3.48  1.99  1.91  1.89  1.88
  1.81  1.78  1.80  1.85  1.81  1.80  1.80  1.80  1.78
  1.80  1.78  1.78  1.79
```

Simulering

Simulering angives blot som følger:

```
sim 2010 2030
```

Udskrifter

I det følgende ses et eksempel på hvorledes der skrives ud til excel:

```
() -----
Udskrifter
() -----
```

```
time 1990 2030
```

```
wplot qjeaf qjeag qjeal qjenf qjenm elst qjenk qjenq qjece qjegl
qjeb qjeqh qjeqk qjeqo qjeqq qjeqs qjeql qjeqv qjeqj qjeo elej ehus
efril eluxhus efri elhushxv elstue qjevc bqjecv qjvc khm2 fhus flej
fstue qjevc_exo
```