

UDKAST TIL DOKUMENTATION AF

# **EMMA, version 2007**

Energi- og miljømodeller til ADAM

Udarbejdet af:  
Danmarks Statistik  
Risø DTU

## Indholdsfortegnelse

1. Indledning.....	4
1.1 Læsevejledning mm. ....	5
2. Erhvervenes energiforbrug .....	6
2.1 Brancheopdeling.....	6
2.1.1 Landbrug ( <i>af, ag, al</i> ) .....	9
2.1.2 Fremstillingsvirksomheder ( <i>nf, nm, nk, nq, ce, st, gl</i> ) .....	9
2.1.3 Byggeri og anlægsvirksomhed ( <i>b</i> ) .....	10
2.1.4 Privat service ( <i>qh, qk, qo, qq</i> ).....	11
2.1.5 Transport brancher ( <i>qs, ql, qv, qj</i> ) .....	11
2.1.6 Offentlige tjenester ( <i>o</i> ) .....	12
2.2 Analyse af “struktur”-effekter .....	13
2.2.1 Beregning af “struktur”-effekter i EMMA brancher.....	13
2.3 Specifikation af relationer for erhvervenes energiforbrug .....	18
2.3.1 Effektivitetsindeks.....	18
2.3.2 Fejlkorrektionstilpasning.....	21
2.4 Estimationsresultater .....	23
2.4.1 Oversigt over erhvervenes energiforbrug.....	23
2.4.2 Valg af nestingsstruktur .....	25
2.4.3 Mere konkret om estimationerne.....	26
2.4.4 Estimationer af de enkelte erhverv .....	29
2.4.5 Fremskrivning af “struktur”-effekter og trende .....	31
2.5 Underopdeling af øvrig energi i erhvervene .....	32
2.6 Transporterhvervene og erhvervenes egetransport .....	39
2.6.1 Data .....	41
2.6.2 Estimationer .....	43
2.6.3 Ligninger .....	44
2.7 Prisligninger og CO <sub>2</sub> -kvotepris for erhvervene.....	46
2.7.1 Implementering .....	46
2.7.2 Implementering af CO <sub>2</sub> -kvoter mht. el- og fjernvarmepriser.....	47
3. Husholdningernes energiforbrug.....	49
3.1 Udviklingen i husholdningernes energiforbrug.....	49
3.2 Energiforbrug til opvarmning.....	52
3.3 Energiforbrug til transport.....	53
3.4 El-forbrug .....	54
3.4.1 Apparatmodel .....	54
3.4.2 Modelligninger .....	58
3.4.3 Husstandsmodel .....	60
4. Elasticiteter, multiplikatoreksperimenter mv. i EMMA.....	64
4.1 Elasticiteter.....	64
5. Mulipikatoreksperimenter .....	65
5.1 Stigning i aktivitetsvariable.....	65
Bilag 2. Oversigt over erhverv i ny og gammel EMMA-version.....	66
Bilag 3. Detaljerede estimationsresultater for erhvervenes forbrug af el og øvrig energi .....	70
B3.1 Landbrug ( <i>al</i> ).....	71
B3.2 Byggeri ( <i>b</i> ).....	73
B3.3 Jern- og metal ( <i>nm</i> ).....	75

B3.4 Kemisk industri ( <i>nk</i> ) .....	77
B3.5 Anden fremstilling ( <i>nq</i> ) .....	79
B3.6 Fødevareindustri ( <i>nf</i> ) .....	81
B3.7 Handelserhverv ( <i>qh</i> ) .....	83
B3.8 Anden service ( <i>qq</i> ).....	85
B3.9 Kontorer mv. ( <i>qk</i> ) .....	87
B3.10 Hoteller mv. ( <i>qo</i> ) .....	89
B3.11 Offentlig sektor ( <i>o</i> ) .....	91
B3.12 Ligninger .....	93

## 1. Indledning

Energi- og MiljøModeller til ADAM (EMMA) 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 sammenhænge mellem disse og energiforbrug, energiforsyning samt relaterede emissioner. Den første version af EMMA fokuserede på energiforbrug, energiforsyning samt emissioner af CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> og NO<sub>x</sub>. I anden version blev modellen udvidet med en detaljeret beskrivelse af landbruget, og miljødelen blev udvidet til at omfatte emissionen af de væsentligste drivhusgasser, forsurende og eutrofierende stoffer. I denne version er der ikke de store udvidelser af modellen, men i lighed med ADAM er modellen omplantet til fastprisberegninger i kædeindeks, og der er ændret i EMMA's brancheopdeling. Endelig er der udviklet en integreret ADAM/EMMA model, der sikrer konsistens mellem energiforbrug/forsyning og den økonomiske udvikling.

EMMA er primært blevet anvendt af Energistyrelsen og Energinet.dk (tidligere Elkraft og Elsam) til hhv. generelle energiforbrugs- og el-forbrugsfremskrivninger. I disse anvendelser simuleres EMMA typisk som eftermodel 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, tilbagkoblingen fra EMMA til den makroøkonomiske udvikling (beskrevet i ADAM) samt emissionsmodellerne i EMMA har anvendelsesmæssigt ikke haft den store fokus. Forsyningsmodellen 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. Ved marginale ændringer i energiforbrug og forsyningssektor er en tilbagkobling til den makroøkonomiske udvikling beskrevet i ADAM ikke afgørende, men væsentlige energibesparelser og/eller mængder af vedvarende energi i energiforsyningen vil ændre den økonomiske udvikling. For at lette denne type analyser er der i dette arbejde udviklet en integreret ADAM/EMMA-model, der sikrer konsistens mellem den økonomiske og energimæssige udvikling.

Set i lyset af målsætningen om væsentlige begrænsninger i emissionen af drivhusgasser synes det relevant at videreudvikle emissionsdelen af EMMA. Nærværende rapport og arbejde er dog 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. For en nærmere beskrivelse af forsynings- og emissionsdelene af EMMA henvises til tidligere modelrapporter, Andersen, F.M. et. al. (1997 og 2001).

## **1.1 Læsevejledning mm.**

Der er en overordnet struktur i denne bog, hvor erhvervenes og husholdningernes energiforbrug beskrives i hhv. kapitel 2 og 3.

Kapitel 2 omhandler erhvervenes energiforbrug. I afsnit 2.1 beskrives kriterierne for aggregeringen, de valgte brancher samt sammenhænge mellem ADAM og EMMA brancher. En analyse af, hvad strukturforandringer betyder for de estimerede effektivitetsindeks/ trendled og hvordan disse bør fremskrives, behandles i afsnit 2.2. En generelle ligning for sammenhængen mellem energiforbrug, produktion, energipriser og teknologisk udvikling opstilles i afsnit 2.3 og estimationsresultater præsenteres i afsnit 2.4 og 2.5 (el og øvrig energi) samt 2.6 (transportenergi). Endelig beskrives erhvervenes energipriser, herunder effekter af CO<sub>2</sub>-kvoteprisen i afsnit 2.7.

Kapitel 3 omhandler husholdningernes energiforbrug. I afsnit 3.1 beskrives udviklingen i husholdningernes energiforbrug. Afsnit 3.2-3.4 omhandler opvarmning af boliger, husholdningernes transport og el til drift af husholdningsapparater mm. Herunder i afsnit 3.4.1 opstilles de to modeller for husholdningernes el-forbrug – apparat- og husstandsmodellen i hhv. afsnit 3.4.1 og 3.4.3.

## 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 23 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. I den valgte ligning for erhvervenes energiforbrug repræsenteres den teknologiske udvikling af et effektivitetsindeks, et trendled, der også dækker over en række andre faktorer som f.eks. strukturforandringer. En analyse af, hvad strukturforandringer betyder for de estimerede effektivitetsindeks/trendled og hvordan disse bør fremskrives, behandles i afsnit 2.2. En generelle ligning for sammenhængen mellem energiforbrug, produktion, energipriser og teknologisk udvikling opstilles i afsnit 2.3 og estimationsresultater præsenteres i afsnit 2.4 og 2.5 (el og øvrig energi) samt 2.6 (transportenergi). Endelig beskrives erhvervenes energipriser, herunder effekter af CO<sub>2</sub>-kvoteprisen i afsnit 2.7.

### 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 1, mens tabel 2 for de valgte brancher viser energikoefficienter for el, naturgas og anden energi samt udviklingen i produktionsandele.

**Tabel 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. 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

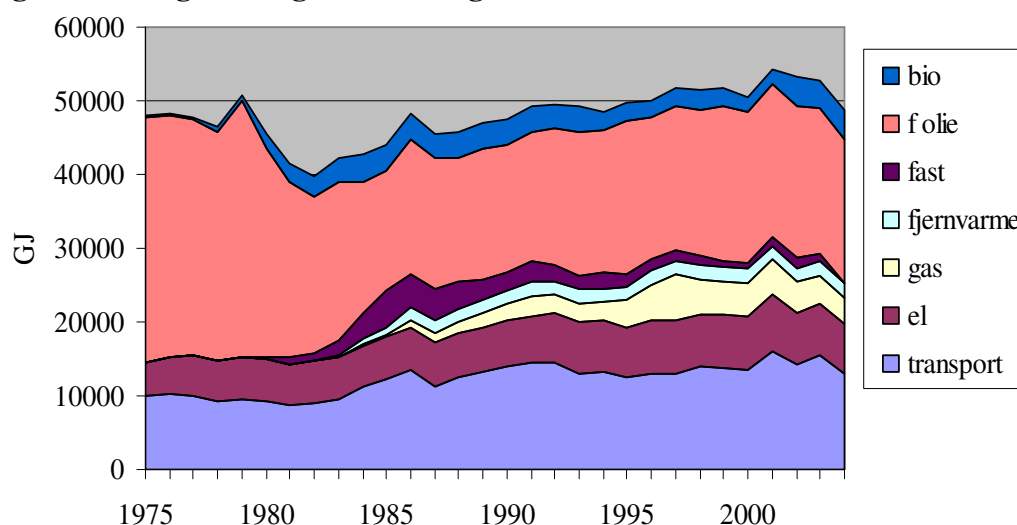
Anm.: Jernbaner *qj* er udeladt



### 2.1.1 Landbrug (*af, ag, al*)

Som det fremgår af tabel 2 og figur 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 underbrancherne og anvender betydelige mængder til opvarmning af væksthuse samt el til belysning og styring. Fiskeri (*af*) anvender næsten udelukkende transportbrændsel.

**Figur 1. Energiforbruget i landbruget**



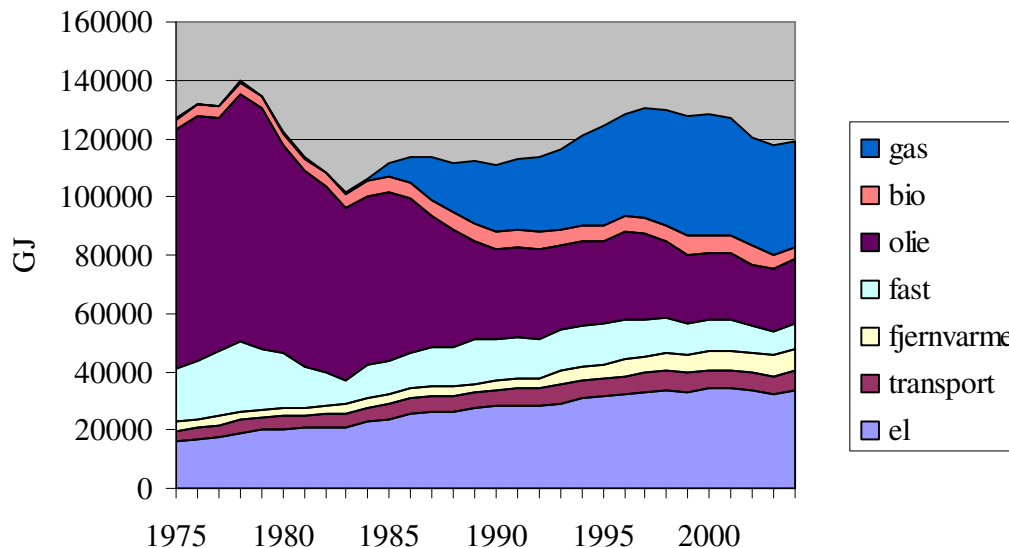
Kendetegnende for erhvervet er, at både produktion og energiforbrug er meget vejrafhængigt, og (som det fremgår af figur 1) at energiforbruget derfor varierer betydeligt fra år til år. Af figur 1 fremgår desuden, at der siden midten af 1980'erne er sket en substitution fra olie til gas og fjernvarme, 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, 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).

**Figur 2. Energiforbruget i fremstillingsvirksomheder**

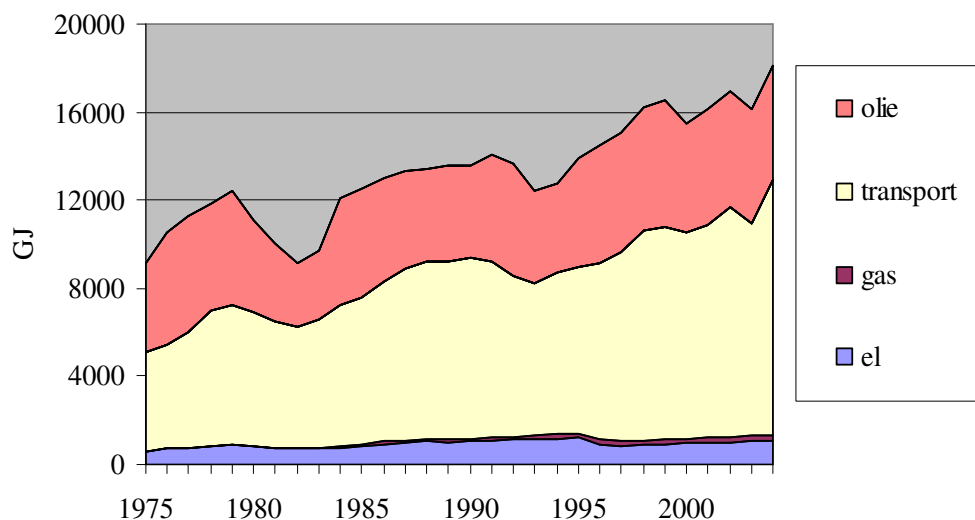


Af figur 2 fremgår det desuden, at der i perioden er sket en betydelig substitution fra olie til gas. Denne substitution er primært sket i brancherne *nf* (fødevarerindustri), *nk* (kemisk industri) og *gl* (glasindustri).

### 2.1.3 Byggeri og anlægsvirksomhed (b)

Byggeri- og anlægsvirksomheder er ikke specielt energiforbrugende, og som det fremgår af figur 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.

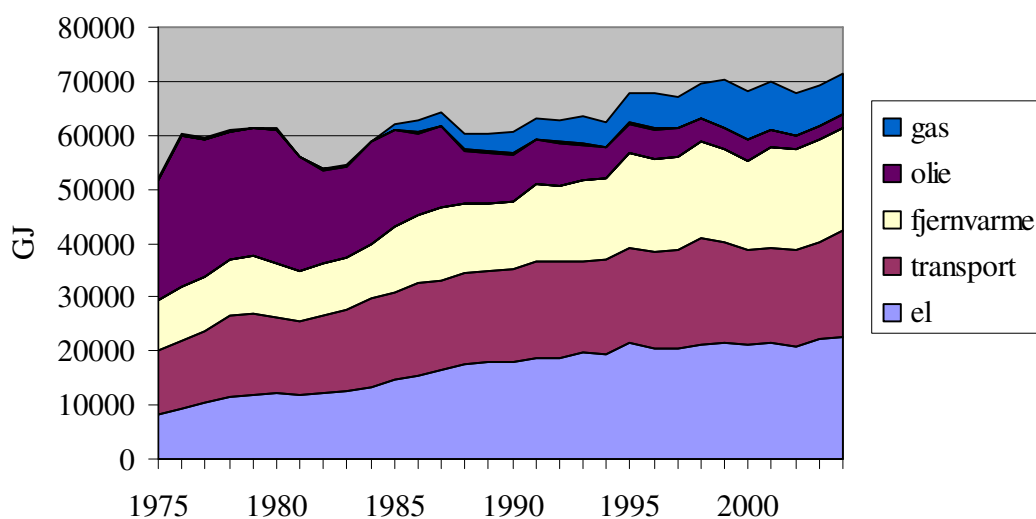
**Figur 3. Energiforbruget i byggeri og anlægsvirksomhed**



#### 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 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.

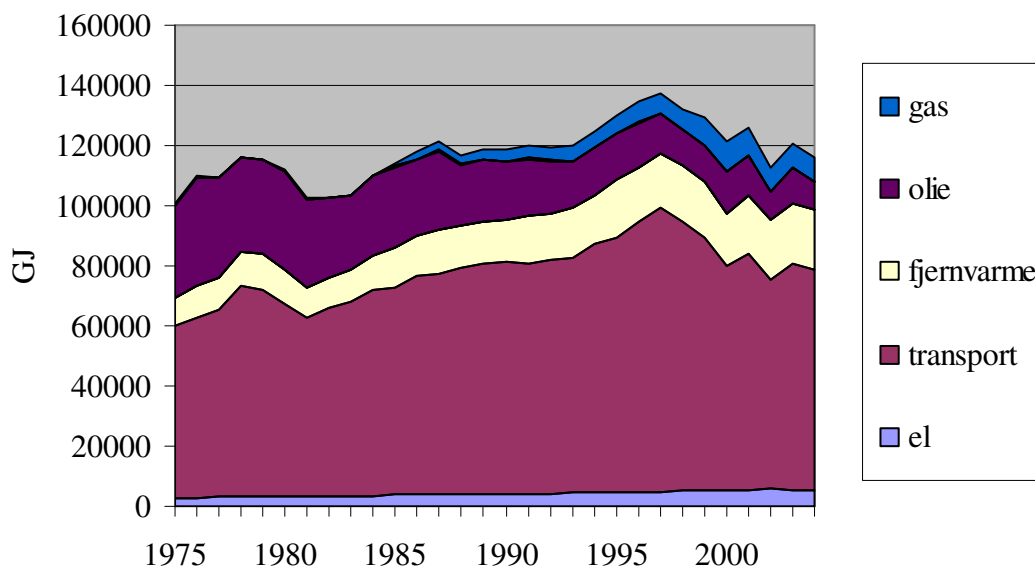
**Figur 4. Energiforbruget i privat service**



#### 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.

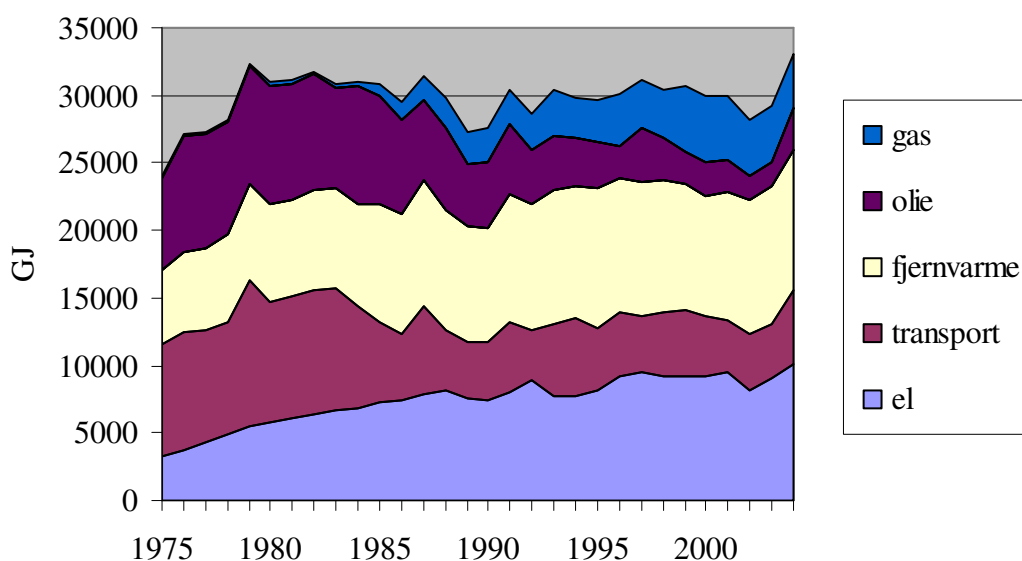
**Figur 5. Energiforbruget i transportbrancher**



### 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 forsvaret mv. en reduktion i transportenergiforbruget afløst af en betydelig stigning i 2003 og 2004.

**Figur 6. Energiforbruget i offentlige tjenester**



## 2.2 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.

### 2.2.1 Beregning af “struktur”-effekter i EMMA brancher

Som nævnt fortolkes “struktur”-effekter i EMMA som den energimæssige betydning af en ændret produktionssammensætning i en EMMA-branche. 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:

$$ekS_t^{br} = \left[ \sum_{i \in br} ek_{t_0}^i * sh_t^i \right] * cor_t^{br} \quad \text{hvor} \quad cor_t^{br} = \left[ \sum_{i \in br} fq_t^i \right] / fqx_t^{br} \quad (0.1)$$

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:

$$t\%^{br} = \left[ \left( ekS_{2003}^{br} / ekS_{1975}^{br} \right)^{(1/28)} - 1 \right] * 100 \quad (0.2)$$

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:

$$dekS_t^{br} = \left[ \sum_{i \in br} \left( (ek_t^i + ek_{t-1}^i) / 2 \right) * sh_t^i \right] / \left[ \sum_{i \in br} \left( (ek_t^i + ek_{t-1}^i) / 2 \right) * sh_{t-1}^i \right] \quad (0.3)$$

$$NekS_t^{br} = NekS_{t-1}^{br} * dekS_t^{br} \quad \text{hvor} \quad NekS_{1975}^{br} \equiv 1.0 \quad (0.4)$$

$$t\%^{br} = \left[ \left( NekS_{2003}^{br} / NekS_{1975}^{br} \right)^{(1/28)} - 1 \right] * 100 \quad (0.5)$$

hvor ligning (0.3) udtrykker den strukturrelaterede ændring i energikoefficienten i år  $t$ . Ligning (0.4) akkumulerer “struktur”-effekten over tid (normeret til 1 i startåret), og ligning (0.5) 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 3. For anden energi er betydningen af strukturudviklingen vist i tabel 4. De første tre kolonner af tabel 3 viser en “fastkoefficient”-beregning på basis af ligning (0.1) og (0.2) 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 3, 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 3 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.

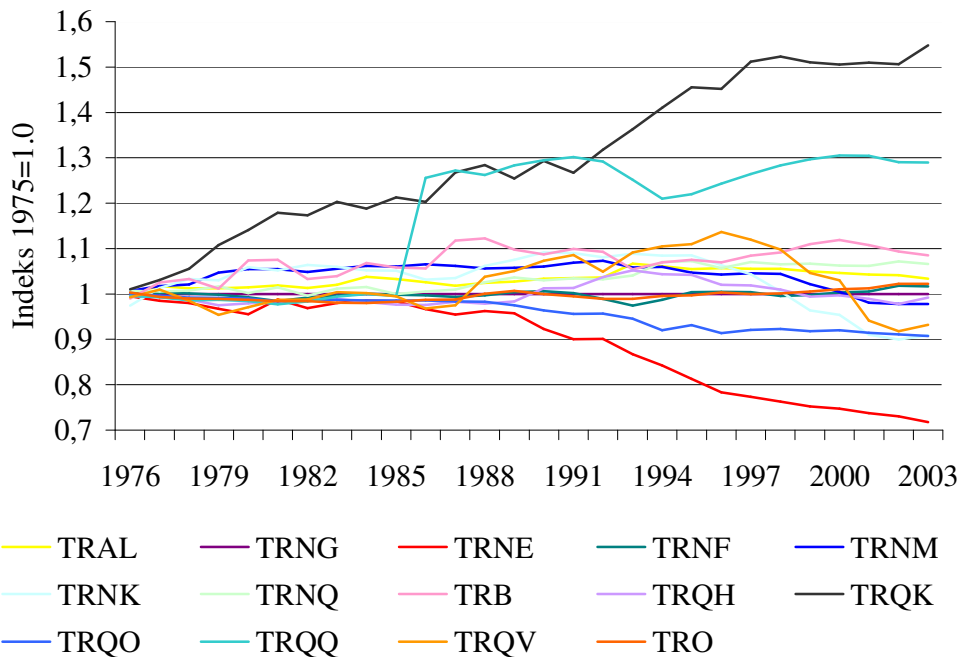
Kolonne 4 og 5 i tabel 3 viser den gennemsnitlige årlige "struktur"-effekt beregnet vha. kædeindeks for hhv. hele observationsperioden og for de sidste 10 år. Er tallene i de 2 kolonner ens, indikerer dette, at udviklingen har været forholdsvis jævn, mens forskelle afspejler en ændret udvikling. Generelt 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 3. 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<sup>1)</sup></i>	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 7. Trende i kædeindeks for alle erhverv (elforbrug)**



Tabel 4 viser kvalitativt de samme konklusioner for anden energi som tabel 3 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.

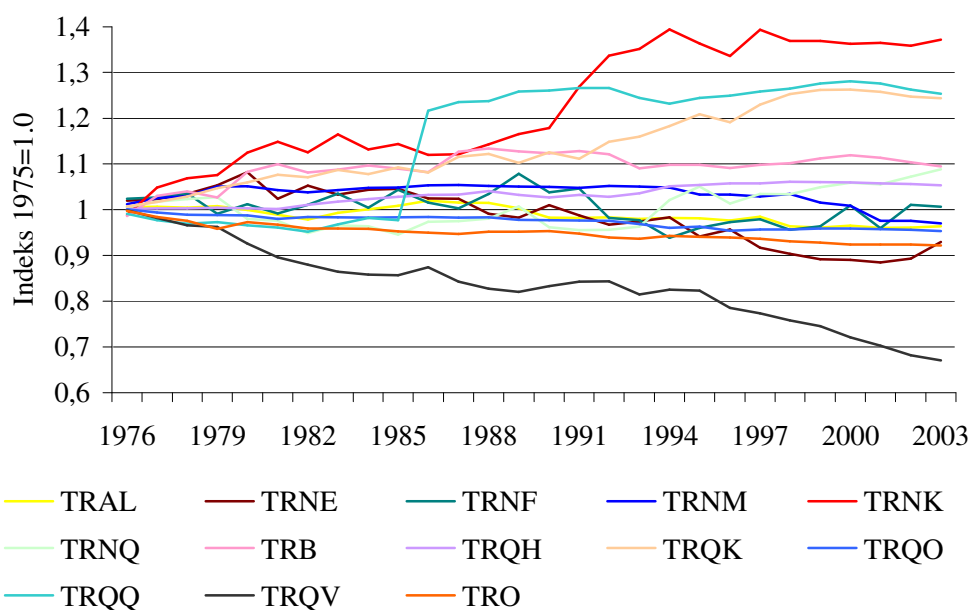


**Tabel 4. Årlig %-ændring i koefficient for anden energi ved fastholdt koefficient i underbrancher**

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<sup>1)</sup></i>	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 8. Trende i kædeindeks for alle erhverv (andet energiforbrug)**



## 2.3 Specifikation af relationer for erhvervenes energiforbrug

### 2.3.1 Effektivitetsindeks

I EMMA opereres der med såkaldte effektivitetsindeks, hvilket der også gøres i ADAM. Disse bruges f.eks. i erhvervenes transportenergiefterspørgsel samt i substitutionen mellem el og andre energityper. Desuden bruges effektivitetsindeksene også for husholdninger. Det skal med det samme understreges, at effektivitetsindeksene indeholder meget andet end rene maskin-, brændselseffektiviteter eller lignende, da de typisk fremkommer ved at lade en tidstrend bestemme den del af energiforbruget, der ikke kan forklares af den økonomiske aktivitet (produktion) eller energipriserne. De estimerede effektivitetsindeks indeholder f.eks. også implicit de strukturtrende, der er beskrevet i afsnit 2.4.3. Udover dette er et estimeret effektivitetsindeks selvfølgelig udtryk for teknologiske fremskridt i kapitalapparatet, hvilket kan betegnes som en ren tekniktrend. Ellers kan effektivitetsindekset opsamle mange andre effekter, herunder institutionelle forhold, holdningseffekter mv. Dette ses der nærmere på senere i afsnittet.

Den rene “teknik”-del af et effektivitetsindeks kan illustreres på følgende måde: Hvis et anlæg bruger kogende vand, kan man forestille sig, at anlægget i et givent år bruger 10 liter olie til at bringe 1 m<sup>3</sup> vand til kogepunktet. Når olieprisen f.eks. er 10 kr. pr. liter, koster det 100 kroner at opvarme dette vand. Hvis anlægget bliver 5% mere effektivt årligt, bruger det næste år kun 9,5 liter olie = 95 kr. til at opvarme vandet. Det betyder, at olien på en måde bliver 5% mere værd pr. år, eller at det effektivitetskorrigerede olieforbrug bliver 5% større end det faktiske forbrug hvert år. Tilsvarende bliver den effektivitetskorrigerede oliepris for denne specifikke proces 5% lavere pr. år. Denne effektivitetskorrigerede pris kan opfattes som prisen målt i “ydelseseenheder” (= omkostninger pr. liter kogende vand).

Hvis der ikke er nogen prissubstitution fungerer et effektivitetsindeks på den måde, at der alt andet lige spares 1% på energiforbruget, hvis energieffektiviteten stiger med 1%. I den forstand betyder det, at energien er blevet 1% mere effektiv. Effektivitetsindeksene er som nævnt tidligere estimerede, typisk som kvadratiske funktioner af tiden,  $t$ . Hvis der findes konkret viden om tekniske effektiviteter, såsom f.eks. hvor langt biler i gennemsnit kan køre pr. liter benzin eller lignende, er der dog intet til hinder for at supplere de estimerede indeks med “rigtige” fysiske indeks. Er der ikke nogen prissubstitution, kan virkningen af et effektivitetsindeks formuleres på følgende måde:

$$E^* = k_1 \frac{1}{e} X \quad (0.6)$$

hvor  $k_1$  er en konstant,  $E^*$  er energiforbruget (stjernen indikerer ønskede/langsigtede niveauer, hvilket der vendes tilbage til i afsnit 2.3.2),  $e$  er effektivitetsindekset og  $X$  er produktionsværdien. Formlen kan opfattes som, at det er  $e \cdot E^*$  – dvs. det effektivitetskorrigerede energiforbrug og ikke det faktiske energiforbrug – som er proportionalt med  $X$ , idet der i EMMA – som i ADAM – antages konstant skalaafkast (fravær af stordriftsfordele). Eller formuleret på en anden måde er det det, som energiforbruget  $y$ der i produktionsprocessen

(dvs.  $e \cdot E^*$ ), der er interessant, og ikke så meget den faktiske størrelse af energiforbruget ( $E^*$ ). Formlen kan skrives i logaritmer som følger:

$$\log(E^*) = -\log(e) + \log(Y) + k \quad (0.7)$$

hvor  $k$  er en konstant. Hvis der er prissubstitution, bliver ligningen lidt mere indviklet:

$$\log(E^*) = -\log(e) + \log(Y) + \varepsilon \log\left(\frac{P_E}{P_X}\right) + k \quad (0.8)$$

Prisudtrykket er energiprisen ( $P_E$ ) divideret med prisen på output/produktion ( $P_X$ ), men med den detalje at energiprisen er blevet divideret med effektivitetsindekset. Rationalet for dette er, at det ikke er den faktiske energipris, som producenterne reagerer på, men den effektivitetskorrigerede energipris. Sagt med andre ord vil der ikke være nogen substitutionseffekt, hvis både energiprisen og energieffektiviteten stiger med 1%, for så er prisen på den *effektive* energiydelse uforandret.<sup>1</sup> Parameteren  $\varepsilon$  er den partielle egenpriselasticitet, som bør være negativ.

Hvis energieffektiviteten stiger med 1%, vil der i ligning (0.8) være en *direkte* effekt på  $-1\%$  på energiforbruget (det første led), og derudover en *indirekte* substitutionseffekt på  $-\varepsilon\%$  (et positivt tal) som udtryk for substitutionsvirkninger. Hvis  $\varepsilon$  f.eks. er  $-0,20$ , vil substitutionseffekten blive  $0,20\%$ , således at den samlede effekt af effektivitetsstigningen bliver  $-0,80\%$ . Substitutionseffekten kan forstås på den måde, at den *effektive* energipris falder som følge af effektivitetsstigningen, og at dette i sig selv giver en substitution væk fra energi og over mod andre produktionsfaktorer.<sup>2</sup>

Hvis effektivitetsindekset samles i ligning (0.8), fås at:

$$\log(E^*) = -(1 + \varepsilon) \log(e) + \log(X) + \varepsilon \log(P_E / P_Y) + k \quad (0.9)$$

Typisk vil effektivitetsindekset formuleres som en funktion af tiden,  $t$  – f.eks. kvadratisk:

$$\log(e) = \omega_1 t + \omega_2 t^2 \quad (0.10)$$

Her forestilles  $t$  skaleret, så den f.eks. er 0 i 2000, 1 i 2001 osv., men matematisk formuleret er denne skalering en behagelighed, som er ligegyldig for estimationsresultatet.<sup>3</sup> Hvis denne ligning indsættes i ligning (0.9) fås følgende:

$$\log(E^*) = -(1 + \varepsilon) \omega_1 t - (1 + \varepsilon) \omega_2 t^2 + \log(X) + \varepsilon \log(P_E / P_Y) + k \quad (0.11)$$

<sup>1</sup> Men dermed ikke sagt, at der i den situation ikke vil ske noget med energiforbruget – det vil der gennem det første led i formlen  $-\log(e)$ , som sørger for, at energiforbruget falder med 1%.

<sup>2</sup> I ADAM-bogen afsnit 8.2.1 kan der læses mere om dette, hvis der ønskes yderligere information.

<sup>3</sup> En anden variant af formuleringen er at gange hver parameter med den inverse eksponent til  $t$  (altså f.eks. gange  $\omega_2$  med 0.5). Det giver en pænere formel, når  $\log(e)$  differentieres mht.  $t$ , men er ellers ligegyldigt for resultaterne.

På den måde kan alle parametrene estimeres. Det bemærkes, at hvis  $\varepsilon$  er meget tæt på  $-1$ , bliver effektivitetsparametrene  $\omega_1$  og  $\omega_2$  meget ubestemte som følge af, at den direkte effekt og substitutionseffekten modvirker hinanden næsten fuldstændigt.

Den opmærksomme læser vil bemærke, at ligning (0.11) alternativt kan estimeres på følgende måde:

$$\log(E^*) = \beta_1 t + \beta_2 t^2 + \log(X) + \varepsilon \log(P_E / P_Y) + k \quad (0.12)$$

Denne ligning kan estimeres med almindelig OLS, og bagefter kan den så oversættes tilbage til effektivitetsparametre ud fra  $\omega_1 = -\beta_1/(1 + \varepsilon)$  og  $\omega_2 = -\beta_2/(1 + \varepsilon)$ . Om den ene eller den anden ligning estimeres er sådan set ligegyldigt, men man skal være opmærksom på forskellen mellem parameterdefinitionerne i de to ligninger.

Grunden til, at der overhovedet bruges den mere udviklede ligning (0.11) i stedet for ligning (0.12) er, at effektivitetsparametre fortolkningsmæssigt er nemmere at sammenligne med tekniske effektiviteter. Hvis f.eks.  $\beta_1$  estimeres i ligning (0.12) til  $-0,02$  svarende til, at energiforbruget alt andet lige falder trendmæssigt med 2% om året, kan dette tal ikke umiddelbart sammenlignes med bottom-up-baserede analyser, som f.eks. siger, at energien udnyttes 1% mere effektivt per år. For at kunne foretage denne sammenligning, er det nødvendigt at korrigere for den estimerede priselastisitet. Hvis elasticiteten f.eks. er  $-0,20$ , svarer det til, at effektivitetsudviklingen estimeres til ca.  $2/(1-0,20) = 2,5\%$  p.a.

Når der estimeres med et effektivitetsindeks som i ligning (0.10), bliver effektivitetsvækst-raten i øvrigt ikke konstant, men er givet som  $100(\omega_1 + 2\omega_2 t)\%$  om året. Heraf ses det, at  $\omega_2$  udtrykker den årlige ændring i effektivitetsindeksets procentvækstrate. Hvis f.eks.  $\omega_2$  er lig  $0,005$ , kan det oversættes til, at effektivitetsvækstraten stiger med 1,0%-points per år.

Som nævnt i indledningen skal det her understreges, at de estimerede effektiviteter indeholder meget andet end rene teknisk inducerede effektivitetsforbedringer. I realiteten er der dybest set blot tale om avancerede 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 2.2)
- Institutionelle forhold
- Effekter af kampagner, energitilsyn, kvoter, grænseværdier o.lign.
- Holdningsændringer
- Fejlspecifikation af ligningen eller systematiske målefejl i data
- Skala/stordriftseffekter

Som det fremgår, kan en estimeret effektivitet være udtryk for mange ting, og den kan derfor også være vanskelig at fremskrive. For hvis en estimeret effektivitetsvækst på 2% i et givent år er udtryk for påvirkninger fra det offentlige i form af f.eks. tilsynsordninger, betyder det ikke, at denne effekt nødvendigvis fortsætter i al fremtid.

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.

### 2.3.2 Fejlkorrektionstilpasning

Ideen i en fejlkorrelationsligning er, at der på en forholdsvist nem og gennemskuelig måde kan tilsættes dynamisk tilpasning til såkaldt ønskede eller langsigtede niveauer. For eksempel vil der typisk for erhvervene gælde, at en 1% stigning i produktionen på langt sigt vil give en tilsvarende 1% stigning i energiforbruget. På kort sigt er der imidlertid trægheder, og f.eks. kan man forestille sig, at førsteårseffekten af en 1% stigning i produktionen kun er på 0,40% (svarende til, at førsteårskoefficienten er 0,40). Dette kan bl.a. skyldes trægheder i kapitalapparatet eller andet, som energiforbruget knytter sig snævert sammen med. For 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, førend det vurderes, at afsætningsstigningen er kommet for at blive og nye maskiner indkøbes.

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

Matematisk formuleret ser denne sammenhæng ud på følgende måde:

$$D \log(E) = v D \log(E^*) + c \left[ \log(E^*)_{-1} - \log(E)_{-1} \right] \quad (0.13)$$

Her er  $E^*$  det langsigtede niveau for energiforbruget, og  $x_{-1}$  indikerer laggede værdier. Af ligningen ses det, at der altid vil være et bidrag til venstresiden, hvis  $E_{-1}$  er forskellig fra  $E^*_{-1}$ . Altså vil energiforbruget ifølge ligningen altid bevæge sig, hvis der ikke er overensstemmelse mellem  $E$  og  $E^*$ , og hvis fejlkorrektionsparameteren ellers har det rigtige fortegn (er positiv), vil ligningen således sørge for, at  $E$  bevæger sig mod  $E^*$ .

Økonometrisk set er det at foretrække, hvis fejlkorrektionsparameteren  $c$  er signifikant forskellig fra nul. Ellers bliver indholdet i parentesen – som er det, som ligningen tilpasser sig mod – ubestemt. 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, og i visse varianter vil det vælges at lade førsteårseffekterne være mere fleksible – f.eks. at der i stedet for  $Dlog(E^*)$  står  $Dlog(\text{energipris})$ ,  $Dlog(\text{produktion})$  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.

I de fleste tilfælde vil der i EMMA forventes, at både  $\nu$  og  $c$  ligger i området 0 til 1, og specielt  $c$  bør ikke fravige dette område.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> 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.

## 2.4 Estimationsresultater

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 5 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* energiforbrug<sup>5</sup>. 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.

---

<sup>5</sup> 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 5. 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 "energihverv" (*e*, *ne* og *ng*) er ikke med i tabellen, som skal opfattes som det såkaldt "endelige" energiforbrug.



## 2.4.2 Valg af nestingsstruktur

I alle EMMA-versioner har erhvervenes transportenergiforbrug været estimeret helt for sig selv uden krydssubstitution i forhold til de andre energityper, mens der på næste nestingsniveau har været en opdeling i el på den ene side og andre energityper (dvs. gas, fjernvarme, kul, olie og biobrændsler) på den anden.

Det har til denne EMMA-version for første gang været forsøgt at estimere alle energityperne på én gang i en fleksibel funktionsform, hvor nestingsstrukturen ikke har været antaget på forhånd. Dette arbejde er beskrevet i modelgruppepapirerne TTH 22.03.07: *Simpel brændselssubstitution i EMMA-erhverv* og TTH 23.03.07: *Fleksibel brændselssubstitution i EMMA-erhverv*. Resultatet af undersøgelserne har peget i retning af, at transportenergi og el generelt gerne vil nestes ud på et højt niveau – svarende til, at priserne på transportenergi og el typisk ikke påvirker *forholdet* mellem (men nok niveauet for) de andre energityper. Med en sådan nestingsstruktur kan der fås ganske pæne relationer med signifikante priselasticiteter, men problemet er, at der på den måde postuleres en substitution mellem transportenergi og andre energityper, som ikke rigtigt kan gives nogen rimelig fortolkning.

F.eks. ville der med et sådant system fås, at en stigning i prisen på transportenergi ville få de andre energityper til at falde (og vice versa) – som udtryk for en substitution, som det er vanskeligt at give en teknisk fortolkning af. For hvordan skulle der f.eks. kunne spares benzin til nogle varebiler, imod til gengæld at bruge mere el eller gas i produktionsprocesserne? Problemet med disse fleksible estimationer har været, at der er en så tydelig priseffekt i transportenergiforbruget, at denne mere eller mindre automatisk følger med over og bliver signifikant i mere fleksible funktionsformer, men uden at det kan gives nogen rimelig fortolkning. F.eks. vil parameteren  $\beta$  estimeres signifikant negativ i følgende ligning:

$$\log(qJt / fX) = \beta \log(pqjt / px) + \text{trend} \quad (0.14)$$

I denne ligning er  $qJt$  transportenergiforbruget,  $fX$  er produktionsværdien (en ADAM-variabel),  $pqjt$  er prisen på transportenergi (benzin/dieselpriis), mens  $px$  er prisen på produktionsværdi (også en ADAM-variabel).

Alternativt kunne det forestilles, at det samlede energiforbrug for hvert erhverv blev bestemt på højeste nestingsniveau, og at der så på næsthøjeste nestingsniveau foregik en udspreddning på transportenergi og resten:

$$\log(qJt / qJw) = \beta \log(pqjt / pqjw) + \text{trend} \quad (0.15)$$

Her er  $qJw$  det samlede energiforbrug for alt andet end transportenergi, mens  $pqjw$  er prisen på dette. “Problemet” er, at også i denne ligning estimeres  $\beta$  signifikant negativ. Det indebærer så igen, at der givet dette kan fås et rimeligt pænt substitutionssystem med pæne elasticiteter set udfra en økonometrisk synsvinkel, men med det problem, at ligning (0.15) ikke rigtigt kan forklares. Pointen i dette er, at det i virkeligheden er i ligning (0.14), at den signifikante  $\beta$  hører hjemme, men at effekten er så klar, at den også følger med over i en “uforklarlig” ligning som (0.15).<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Selvfølgelig er ligningerne forskellige, men f.eks. hvad prisforholdet på højresiden angår, er dets bevægelser i høj grad drevet af tælleren ( $pqjt$ ) fremfor nævneren. I ligning (0.15) følger  $pqjw$  ikke oliepriserne på nær samme måde som  $pqjt$  pga. indholdet af el, fjernvarme, kul og biomasse i  $pqjw$ .

For at undgå problemet med at f.eks. el-prisen kan påvirke transportenergiforbruget og vice versa, er det valgt at falde tilbage på den hidtidige formulering, hvor transportenergiforbruget er estimeret helt for sig som i ligning (0.14), mens der så estimeres substitution mellem el og resten af energityperne i et system af samme type som (0.15), dvs. ligninger af denne type:

$$\log(qJe/qJo) = \beta \log(pqje/pqjo) + \text{trend} \quad (0.16)$$

hvor  $qJe$  står for el-forbrug og  $qJo$  for resten (dvs. typerne  $g, h, s, f$  og  $b$ ), mens  $pqje$  og  $pqjo$  er priserne på disse. Til allersidst udspreddes  $qJo$  enten med faste andele, eller i et simpelt substitutionssystem, hvor substitutionselasticiteterne sættes på forhånd (jf. afsnit 2.5).

### 2.4.3 Mere konkret om estimationerne

Mht. transportenergiforbruget i ikke-transporterhvervene (også kaldet erhvervenes egentransport) henvises til afsnit 2.6, hvor disse estimationer gennemgås (sammen med transporterhvervenes energiforbrug). Erhvervenes egentransport og transport-erhvervenes energiforbrug har så mange fællestræk, at det er valgt at samle disse i samme afsnit.

En ligning som (0.16) 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 ligning (0.14), 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 slags linearisering af det teoretisk korrekte CES-substitutionssystem, således 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 beskedent andel af produktionsværdien.

Problemet med et sådant simpelt system har så været, at det har haft en tendens til at give relativt lille substitution mellem el og øvrig energi – faktisk har denne substitution syntes at blive mindre og mindre for hver gang ligningerne er blevet reestimeret. I arbejdet med at reestimere ligningerne viste det sig imidlertid, at man kunne opnå bedre resultater ved at gøre ligningerne en anelse mere avancerede. På den måde kan den hidtidige opdeling med transportenergi bibeholdes helt for sig selv og el og øvrig energi kan separeres ud på det næste nestingsniveau, hvilket der er en hel del praktiske og fortolkningsmæssige fordele i. Som nævnt er transportenergien beskrevet i afsnit 2.6, og ideen i det system, som bestemmer el og øvrig energi er følgende:

$$\log(qJe) = \log(fX) + \varepsilon_{ee} \log(pqje/px) + \varepsilon_{eo} \log(pqjo/px)$$

$$\log(qJo) = \log(fX) + \varepsilon_{oe} \log(pqje/px) + \varepsilon_{oo} \log(pqjo/px)$$

I ovenstående system er der den binding mellem parametrene  $\varepsilon_{eo}$  og  $\varepsilon_{oe}$ , at disse skal være såkaldt Slutsky-symmetriske. Det indebærer, at forholdet mellem disse skal svare til forholdet 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.<sup>7</sup> 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  $E_1$ ,  $E_2$  og  $Y$  som produktionsfaktorer, og  $P_1$ ,  $P_2$  og  $P_y$  som priser. Her er  $E_1$  og  $E_2$  el og øvrig energi, mens  $Y$  skal fortolkes som et aggregat af produktionsfaktorerne  $K$ ,  $L$  og  $M$  – eller alternativt som et aggregat af produktionsværdien minus el og øvrig energi.<sup>8</sup>

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

$$\log(E_1) = \log(X) + \varepsilon_{11} \log(P_1) + \varepsilon_{12} \log(P_2) + \varepsilon_{1y} \log(P_y) \quad (0.17)$$

$$\log(E_2) = \log(X) + \varepsilon_{21} \log(P_1) + \varepsilon_{22} \log(P_2) + \varepsilon_{2y} \log(P_y) \quad (0.18)$$

$$\log(Y) = \log(X) + \varepsilon_{y1} \log(P_1) + \varepsilon_{y2} \log(P_2) + \varepsilon_{yy} \log(P_y) \quad (0.19)$$

Her skal  $\varepsilon$ '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.  $\varepsilon_{21} = \varepsilon_{12} s_1/s_2$ , hvor  $s$ 'erne er omkostningsandele. Da  $\varepsilon$ 'erne summer til nul rækkevis, kan systemet omskrives til følgende:

$$\log(E_1) = \log(X) + \varepsilon_{11} \log(P_1) + \varepsilon_{12} \log(P_2) - (\varepsilon_{11} + \varepsilon_{12}) \log(P_y) \quad (0.20)$$

$$\log(E_2) = \log(X) + \varepsilon_{21} \log(P_1) + \varepsilon_{22} \log(P_2) - (\varepsilon_{21} + \varepsilon_{22}) \log(P_y) \quad (0.21)$$

$$\log(Y) = \log(X) + \varepsilon_{y1} \log(P_1) + \varepsilon_{y2} \log(P_2) - (\varepsilon_{y1} + \varepsilon_{y2}) \log(P_y) \quad (0.22)$$

Eller

$$\log(E_1) = \log(X) + \varepsilon_{11} \log(P_1/P_y) + \varepsilon_{12} \log(P_2/P_y) \quad (0.23)$$

$$\log(E_2) = \log(X) + \varepsilon_{21} \log(P_1/P_y) + \varepsilon_{22} \log(P_2/P_y) \quad (0.24)$$

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  $\varepsilon_{1y}$  og  $\varepsilon_{2y}$  estimeres til, vil  $\varepsilon_{y1}$  og  $\varepsilon_{y2}$  blive meget små som følge af Slutsky-symmetrien. Og når  $\varepsilon_{1y}$  og  $\varepsilon_{2y}$  er meget små, bliver  $\varepsilon_{yy}$  det også, da de skal summe til nul. Altså bliver den tredje ligning økonometrisk set ret uinteressant. Ligningssystemet (0.23)-(0.24) 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 (0.23)-(0.24) skal der i øvrigt huskes på, at  $\varepsilon$ '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 omkost-

<sup>7</sup> Faktisk bruges mere specifikt en tidsserie for forholdet mellem de *ønskede/langsigtede* omkostningsandele.

<sup>8</sup> Strengt taget som et aggregat af  $K$ ,  $L$ ,  $M$  samt transportenergiforbrug.

ningsandelene. 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 igen<sup>9</sup>. 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 (0.23)-(0.24) kan der pålægges separabilitet, svarende til at prisen på produktionsværdi ( $P_y$ ) ikke påvirker *forholdet* mellem energiforbrugene ( $E_1$  og  $E_2$ ). Det svarer i systemet (0.17)-(0.19) til, at  $\varepsilon_{1y} = \varepsilon_{2y}$ , eller i systemet (0.23)-(0.24), 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 2.3.1. Som nævnt i afsnit 2.3.1 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 2.3.2 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 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. afsnit 2.3.2. 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.

<sup>9</sup> I princippet kunne denne proces så fortsætte, men af enkeltheds hensyn er det valgt at stoppe efter én iteration.

## 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 *bhsnm*, 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.

Til sidst ses fejlkorrrektionsdynamikken for de to ligninger. Den første parameter er første-årseffekten, den anden parameter er fejlkorrrektionsstilpasningen, 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, jf. i øvrigt afsnit 2.3.1. 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(pqjenm/pxnm_emma/dtqjenm)
                                     + 0.100000*log(pqjonm/pxnm_emma/dtqjonm) -3.15808 $
frml _DJRD   log(qJonmw)       = -log(dtqjonm) +log(fXnm_emma)
                                     + 0.100000*bshnm*log(pqjenm/pxnm_emma/dtqjenm)
                                     - 0.207727*log(pqjonm/pxnm_emma/dtqjonm)
                                     + 0.407316*log(graddag) -6.38253 $
frml _SJRJ   Dlog(qJenm)       = 0.298957*dlog(qJenmw) +0.496774*log(qJenmw(-1)/qJenm(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJonm)       = 0.242290*dlog(qJonmw) +0.302699*log(qJonmw(-1)/qJonm(-1))
                                     + (1-0.242290)*0.407316*Dlog(graddag) $

```

### 2.4.4 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 (0.23)-(0.24), men kan dog alligevel give en indikation af, om der er noget at hente i data.

**Tabel 6. 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 3.

Resultatet af dette bliver som kan ses i anden søjle i tabel 6, 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  $\sigma$  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-energi erhverv på  $-0,15$  for både el og øvrig energi.<sup>10</sup> 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 langsigtelasticiteten 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.

Detaljerede resultater kan ses i bilag 3.

<sup>10</sup> Mere specifikt effekten på *qJex* og *qJox*.

#### 2.4.5 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.

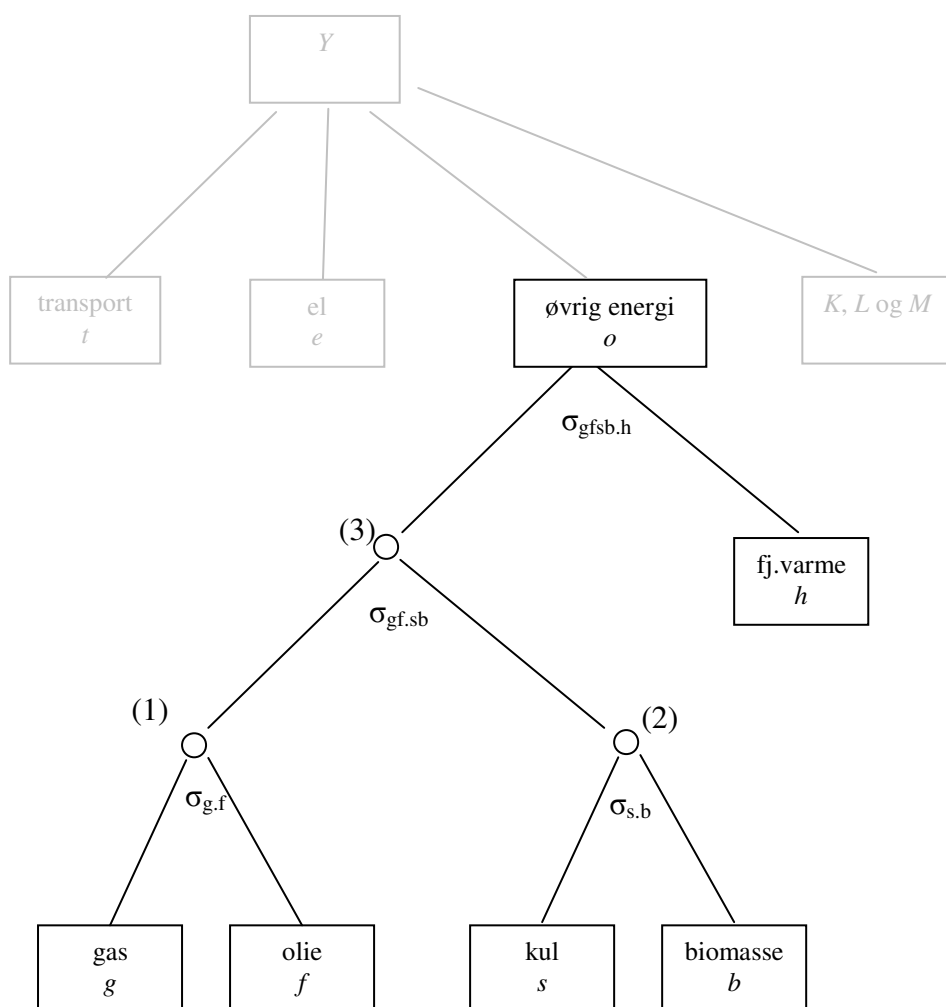
## 2.5 Underopdeling af øvrig energi i erhvervene

Som EMMA er formuleret for erhvervene bliver transportenergien bestemt for sig, mens el og øvrig energi bestemmes simultant i et fordelingsystem. Øvrig energi består af de fem energityper gas ( $g$ ), fjernvarme ( $h$ ), kul ( $s$ ), olie ( $f$ ) og biobrændsel ( $b$ ), og i de tidligste EMMA-versioner blev disse fem underenergityper fordelt ud med faste andele. I multiplikatoranalyser er dette ikke hensigtsmæssigt. 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 under-energityper.

I de tidlige EMMA-versioner ville 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.

Ideen i et underfordelingssystem kan skitseres på følgende måde:

**Figur 31. Nestingsstruktur i underfordelingssystemet i EMMA**





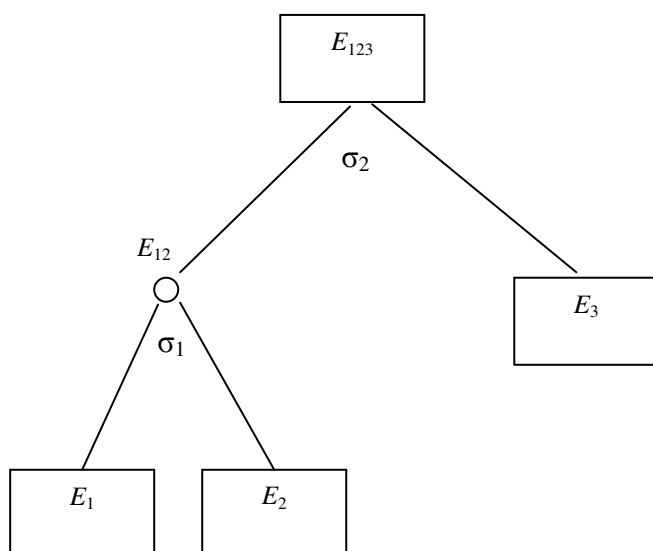
De øverste gråt indtegnede kasser er beskrevet i hhv. afsnit 2.4 (el) og 2.6 (transport). Ideen i systemet er, at der på nederste niveau dels substitueres mellem gas og olie på den ene side og kul og biomasse på den anden side. Denne nesting er valgt, fordi disse energityper parvist ligner hinanden mht. 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 førend 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  $\sigma_{gfsb,h}$  i det øverste nest lig nul). Dog skal det bemærkes, at fjernvarmen selv når  $\sigma_{gfsb,h} = 0$  vil påvirkes af priserne på  $e$ -,  $o$ - og  $KLM$ -aggregaterne.<sup>11</sup>

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

**Figur 32. Trefaktor nestet CES**



<sup>11</sup> Om fjernvarmen egl. 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/øvrige 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.

Et system til fordeling af det samlede energiforbrug  $E_{12} = E_1 + E_2$  kan skrives på følgende måde:

$$\text{Dlog}(E_1) = \text{Dlog}(E_2) - \sigma_1 \text{Dlog}(P_1 / P_2) + JR_1 \quad (0.25)$$

$$E_2 = E_{12} - E_1 \quad (0.26)$$

I økonometriske modeller vil (0.26) normalt være en CES-produktionsfunktionen, men her er vi altså – i modstrid med stringent økonomisk-teoretisk tankegang – nødt til at kræve, at joulerne summer op.<sup>12</sup> At (0.25) er i ændringer er blot for at spare et uinteressant konstantled. Da der er flere nests i strukturen i figur 31, fås der i de højere nests brug for prisen på aggregatet, som er definatorisk givet som følgende:

$$P_{12} = \frac{P_1 E_1 + P_2 E_2}{E_{12}} \quad (0.27)$$

Ligning (0.25) kan sagtens udvides med et eksplicit eksogent trendled, men hvis ligningen har et JR-led er dette fint til formålet. Effektivitetsindekset kunne også introduceres i ligning (0.25) ved at addere  $-(1-\sigma) \text{Dlog}(e_1/e_2)$ , men da det helst skal være en simpel udbygning uden for mange nye variabler fravælges dette.<sup>13</sup>

Ud fra samme skabelon kan resten skabes og der introduceres et højere nest med en tredje energitype som følger:

$$\text{Dlog}(E_{12}) = \text{Dlog}(E_3) - \sigma_2 \text{Dlog}(P_{12} / P_3) + JR_2 \quad (0.28)$$

$$E_3 = E_{123} - E_{12} \quad (0.29)$$

$$P_{123} = \frac{P_{12} E_{12} + P_3 E_3}{E_{123}} \quad (0.30)$$

Der er ingen grund til at forsøge at løse disse ligninger for  $E_1$ ,  $E_2$  og  $E_3$ , da disse kan simuleres frem vha. (0.25)-(0.29), men det er klart, at løste ligninger ville være af formen  $E_i = E_i(E_{123}, P_1, P_2, P_3)$ . Altså at  $E_{123}$  trækker som aktivitetsbegreb, med substitution fra de tre priser oveni. I modellen ovenfor er (0.30) blot en tabelvariabel, men hvis yderligere nests oven over  $E_{123}$  introduceres, bliver denne aggregerede pris selvfølgelig relevant. Ud fra denne skitse kan der nemt opbygges subsystemet vist i figur 31 (altså systemet uden de gråtonede kasser).

I PCIM<sup>14</sup> vil der være behov for at bevare muligheden for at køre med de gamle ligninger, som med tre faktorer ville være af formen

<sup>12</sup> Det skal her bemærkes, at den additive formulering af aggregatet  $E_{12}$  ikke passer særligt godt med økonomisk teori. Den er dog valgt for at gøre systemerne så enkle som muligt. Læs evt. mere i papiret TTH 31.03.06: *Et simpelt fordelingssystem for øvrig energi i EMMA*

<sup>13</sup> Effektivitetsindeksene ville i øvrigt også i den givne skitse have den mærkværdighed, at en stigende effektivitet på f.eks.  $E_1$  ville forøge  $E_2$  med lige så meget som  $E_1$  blev reduceret (også selv om  $\sigma$  f.eks. var nul). Dette skyldes den simple joule-identitet, frem for en "rigtig" CES-produktionsfunktion.

<sup>14</sup> PCIM er et modelsimuleringsprogram designet specifikt til ADAM.

$$E_1 = b_1 E_{123} \quad (0.31)$$

$$E_2 = b_2 E_{123} \quad (0.32)$$

$$E_3 = E_{123} - E_1 - E_2 \quad (0.33)$$

For faste  $b$ 'er minder denne form selvfølgelig om, hvad der sker når  $\sigma$ 'erne sættes lig nul i (0.25)-(0.29), hvilket ligeledes giver et forløb med konstante energiandele ( $E_i/E_{123}$ ). Alligevel gøres det i PCIM muligt at switche mellem (0.25)-(0.29) og (0.31)-(0.33) til vha. en dummy, bl.a. af hensyn til bagud-kompatibiliteten.

En yderligere fordel ved switch-systemet er, at et system à la (0.31)-(0.33) kan være nemmere at korrigere på plads i en fremskrivning, end vha. JR-leddene i (0.25) og (0.28). Hvis fremskrivningen laves vha. det gamle modul med  $b$ 'er (f.eks. fordi underfordelingen kendes fra andre kilder), kan der bagefter switches over til det prisfølsomme system og på en nem måde få beregnet de ækvivalerende JR-led i dette. På den måde laves grundforløbet på en nem måde vha.  $b$ 'erne, mens der vil være prisfølsomhed i eventuelle multiplikatoreksperimenter.

### Konkret implementering

For at PCIM kan løse systemet er det nødvendigt at indsætte ligning (0.28) i (0.29) og løse for  $E_{12}$ . Det giver (i det generelle tilfælde med  $\sigma_2 \neq 0$ ) følgende reducerede form:

$$E_{12} = \frac{E_{12}(-1)/E_3(-1) \exp(-\sigma_2 D \log(P_{12}/P_3))}{1 + E_{12}(-1)/E_3(-1) \exp(-\sigma_2 D \log(P_{12}/P_3))} E_{123} \quad (0.34)$$

$$E_3 = E_{123} - E_{12} \quad (0.35)$$

På den måde er  $E_3$  blevet elimineret fra ligning (0.34), svarende til en reduceret form. Så kunne ligning (0.35) indsættes i (0.34) og også få en ren reduceret form dér, men det er der dog ingen konvergenstekniske grunde til. Et system opbygget af ligninger som (0.34) og (0.35) konvergerer fint i PCIM, da den værste simultantitet er reduceret væk.

### Hvad skal $\sigma$ 'erne sættes til?

I mangel af egentlige estimater foreslås det som udgangspunkt at sætte de fire  $\sigma$ '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*.

**Case: nm-erhvervet**

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

**Liste 1: 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(-bsigma4*dlog(pqj3nm/pqjhnm))
              / (1+qJ3nm(-1)/qJhnm2(-1)*exp(-bsigma4*dlog(pqj3nm/pqjhnm))) $
FRML _I    qJhnm2    = qJonm-qJ3nm $
FRML _GJR  qJ1nm     = qJ1nm(-1)/qJ2nm(-1)*qJ3nm*exp(-bsigma3*dlog(pqj1nm/pqj2nm))
              / (1+qJ1nm(-1)/qJ2nm(-1)*exp(-bsigma3*dlog(pqj1nm/pqj2nm))) $
FRML _I    qJ2nm     = qJ3nm-qJ1nm $
FRML _GJR  qJgnm2    = qJgnm2(-1)/qJfnm2(-1)*qJ1nm*exp(-bsigma1*dlog(pqjgnm/pqjfnm))
              / (1+qJgnm2(-1)/qJfnm2(-1)*exp(-bsigma1*dlog(pqjgnm/pqjfnm))) $
FRML _I    qJfnm2    = qJ1nm-qJgnm2 $
FRML _GJR  qJsnm2    = qJsnm2(-1)/qJbnm2(-1)*qJ2nm*exp(-bsigma2*dlog(pqjsnm/pqjbnm))
              / (1+qJsnm2(-1)/qJbnm2(-1)*exp(-bsigma2*dlog(pqjsnm/pqjbnm))) $
FRML _I    qJbnm2    = qJ2nm-qJsnm2 $
FRML _I    pqj1nm    = (pqjgnm*qJgnm2+pqjfnm*qJfnm2)/qJ1nm $
FRML _I    pqj2nm    = (pqjsnm*qJsnm2+pqjbnm*qJbnm2)/qJ2nm $
FRML _I    pqj3nm    = (pqj1nm*qJ1nm+pqj2nm*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    qJbnm     = (1-dsubsys)*qJbnm1 + dsubsys*qJbnm2 $
```

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 32 vedrørende 1-, 2- og 3-nummereringen). De to nederste nests udsplitter 1- og 2-aggregaterne på *g/f* hhv. *s/b*. I tabel 7 er der givet en oversigt over hvad ligningerne bestemmer, og hvad ligningerne afhænger af.

**Tabel 7. Oversigt over variabler**

	Endo1	Endo2	Aktivitet -variabel	Pris1	Pris2	$\sigma$
Øverste nest	<i>qJ3nm</i>	<i>qJhnm2</i>	<i>qJonm</i>	<i>pqj3nm</i>	<i>pqjhnm</i>	<i>bsigma4</i>
Nest <i>gf-sb</i>	<i>qJ1nm</i>	<i>qJ2nm</i>	<i>qJ3nm</i>	<i>pqj1nm</i>	<i>pqj2nm</i>	<i>bsigma3</i>
Nest <i>g-f</i>	<i>qJgnm2</i>	<i>qJfnm2</i>	<i>qJ1nm</i>	<i>pqjgnm</i>	<i>pqjfnm</i>	<i>bsigma1</i>
Nest <i>s-b</i>	<i>qJsnm2</i>	<i>qJbnm2</i>	<i>qJ2nm</i>	<i>pqjsnm</i>	<i>pqjbnm</i>	<i>bsigma2</i>

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  $qJ_{i;nm2}$  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  $qJ_{inm}$  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.<sup>15</sup>

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  $pqj_{inm}$  eksogene, hvilket gør eksperimentet lidt nemmere at sætte op.<sup>16</sup>

**Tabel 8. Priselasticiteter for nm-erhvervet, givet at alle  $b\sigma$ 'er er sat til 0,5**

	$pg$	$pf$	$ps$	$pb$	$ph$
$g$ .....	-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  $\sigma$ 'erne er sat til 0,5, reducerer systemet til en generaliseret femfaktor CES-funktion med fælles- $\sigma = 0,5$ .<sup>17</sup> 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 substitutionselasticiteten. 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  $\sigma$ '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.<sup>18</sup>

For at kunne vise en matrice med samlede priselasticiteter for subsystemet, er subfordelingssystemet 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:

<sup>15</sup> Desuden giver det problemer at indsubstituere  $qJ_{inm1}$  og  $qJ_{inm2}$  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-ledspåsætning, 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.

<sup>16</sup> Det skal nævnes, at de viste tal i tabel 8 og tabel 9 er taget fra papiret modelgruppepapiret TT 31.03.06: *Et simpelt fordelingssystem for øvrig energi i EMMA*. Altså er tallene fra den forrige EMMA-version. Der burde dog ikke være store forskelle, da fordelingssystemet er præcis det samme i de to EMMA-versioner.

<sup>17</sup> Se evt. ADAM-working paper 1999:1, s. 33.

<sup>18</sup> 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.

**Tabel 9. 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 9, hvor søjlecellerne (bortset fra diagonalcellen) var ens. Manglen på systematik skyldes sammensætnings-effekter.<sup>19</sup> 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.

<sup>19</sup> 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%. 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.

## 2.6 Transporterhvervene og erhvervenes egentransport

I EMMA findes der fire transporterhverv, som udgør luft-, sø-, og landtransport, herunder jernbaner og øvrig landtransport. Den øvrige landtransport indeholder transportfunktioner såsom bustrafik, rutefart, taxi- og turistvognmænd, fragtvognmænd, rørtransport, post og telekommunikation, hjælpevirksomhed i forbindelse med transport, rejsebureauvirksomhed og anden transportformidling. I betegnelsen landtransporten er husholdningernes egentransport også inkluderet. De fire transporterhverv benævnes *ql* (lufttransport), *qs* (søtransport), *qj* (jernbaner) og *qv* (landtransport).

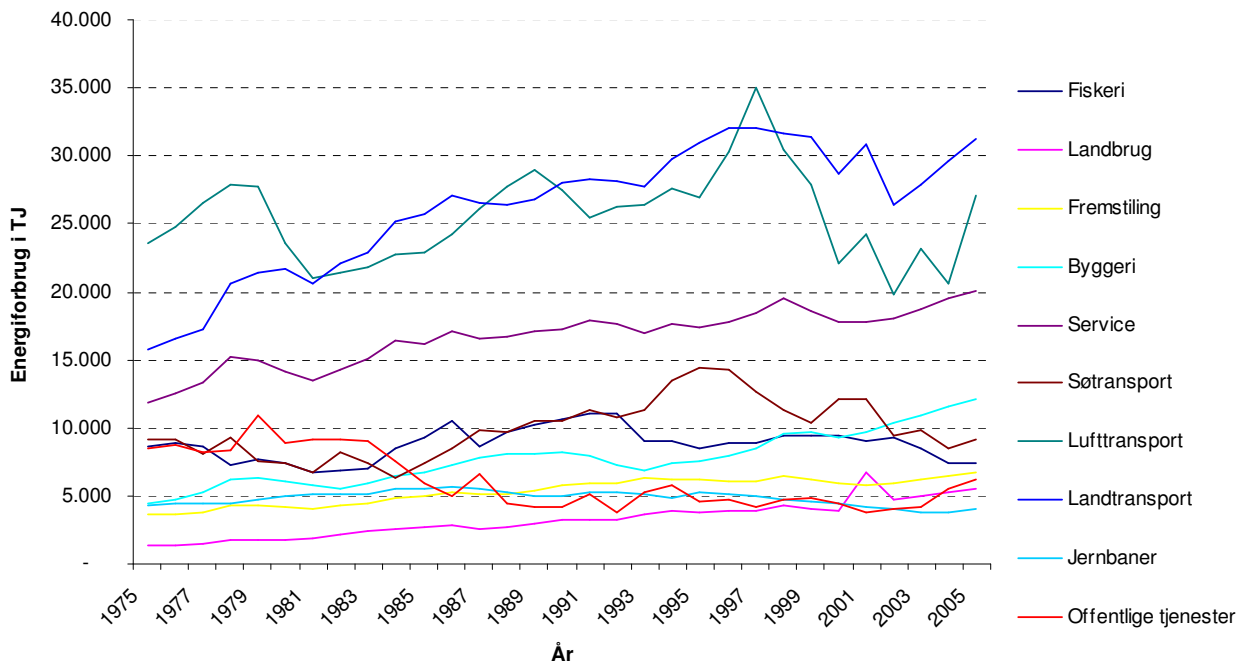
Definitionen på luft- og søtransport i EMMA er den transport, der sker mellem to danske havne og lufthavne, som er foretaget af danske residerter. Derudover er det den transport, der er mellem en udenlandsk og en dansk havn ligeledes af danske residerter. Det vil sige, at udenlandske skibe og fly, der foretager bunkring i Danmark ikke tæller med i energiforbruget. Bunkring dækker over skibes og flys køb af brændstof i udlandet. Ligeledes medtages de dansk opererede skib og flys bunkring i udlandet ikke i EMMA. De dansk opererede skibes bunkring i udlandet står for næsten  $\frac{1}{3}$  af det samlede energiforbrug i Danmark, men som sagt medtages denne post ikke i EMMA<sup>20</sup>.

Forbruget af transportenergi er størst for landtransport, ekskl. jernbaner, og lufttransport, som det også fremgår af figur 33. Af de erhverv, der ikke betegnes som transporterhverv, forbruger serviceerhvervet mest transportenergi til erhvervets egentransport. Både søtransport og jernbaner ligger lige under serviceerhvervets forbrug af transportenergi. I 1997 topper forbruget af transportenergi for både luft- og landtransport, hvor det derefter falder og stiger, men overgår ikke niveauet for 1997. Det kan skyldes de stigende priser og stigende afgifter på landtransport.

---

<sup>20</sup> Danmarks Statistik (2007): *Nyt fra Danmarks Statistik*. Emnegruppe: Miljø og energi. Energiforbrug 2006. Nr. 487 • 23. november 2007.

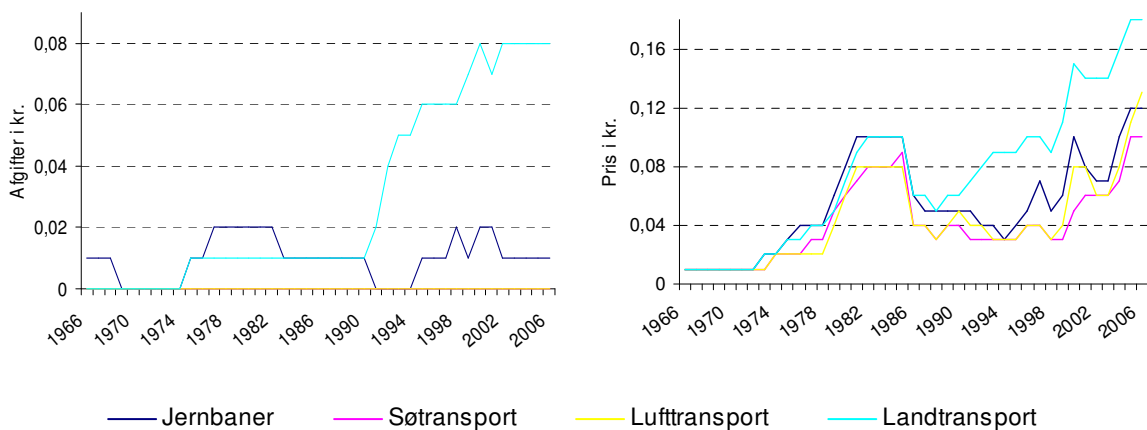
**Figur 33. Forbruget af transportenergi for transporterhverv og øvrige erhverv fra 1975 til 2005, i TJ**



I tabel 5 ses det endelige energiforbrug for de 20 erhverv, hvor det kun er interessant at se på de 10 af dem i transportmæssig sammenhæng, da de øvrige ikke har noget nævneværdigt forbrug af transportenergi til egentransport, såsom gartneri, cement-, glas- og stålfremstilling. Hvis der i tabel 5 ses bort fra husholdningernes forbrug af transportenergi, udgør luft- og landtransport  $\frac{4}{5}$  af forbruget af transportenergi.

I figur 34 ses det i figuren til venstre, at der kun er afgifter for landtransport og jernbaner, hvor både luft- og søtransport er fritaget. Både prisen og afgiften for landtransport har siden 1990 været højere end de øvrige erhverv og stigende i næsten hele perioden.

**Figur 34. Energiafgifter og -priser for transporterhvervene, 1966-2006**

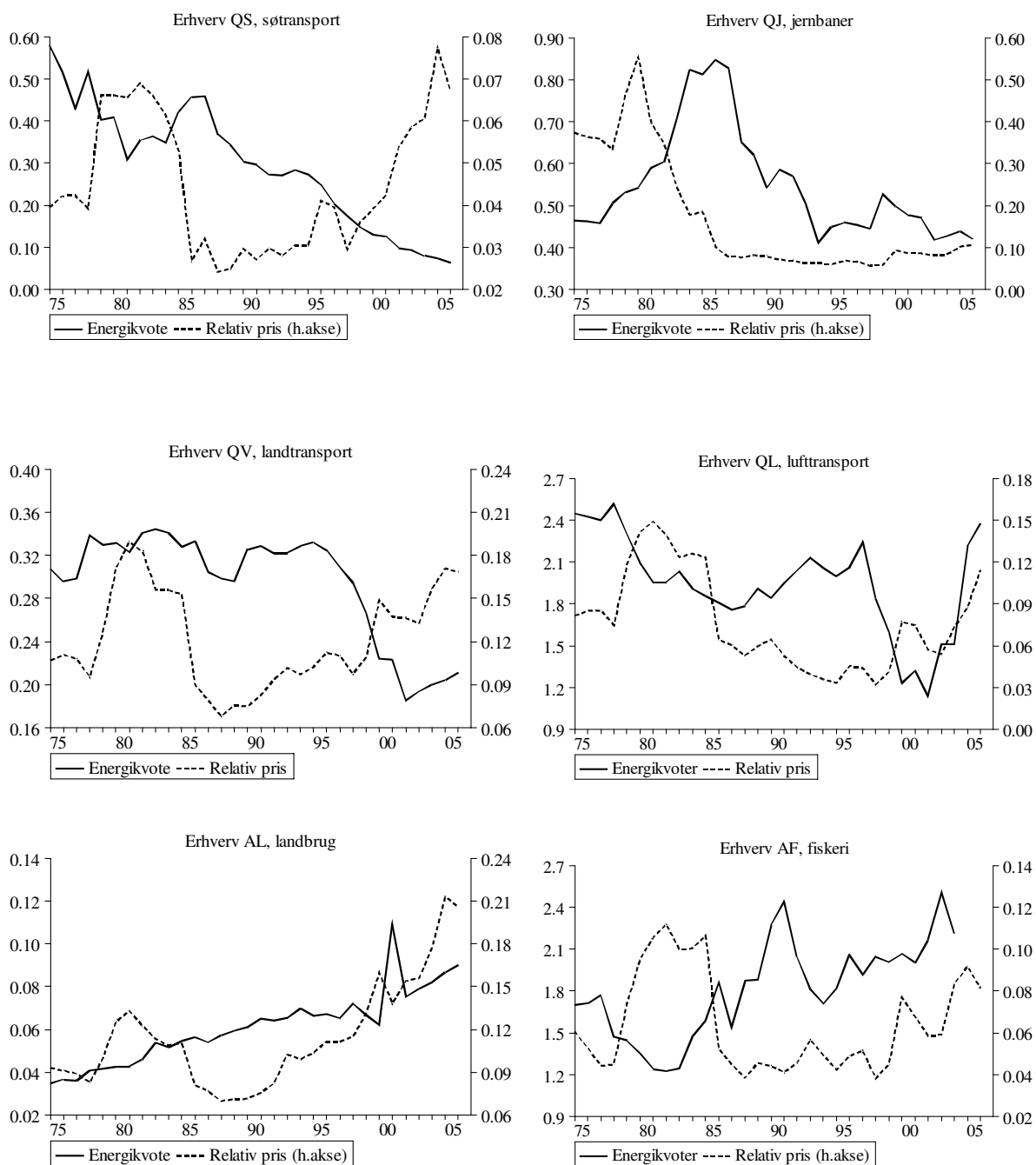


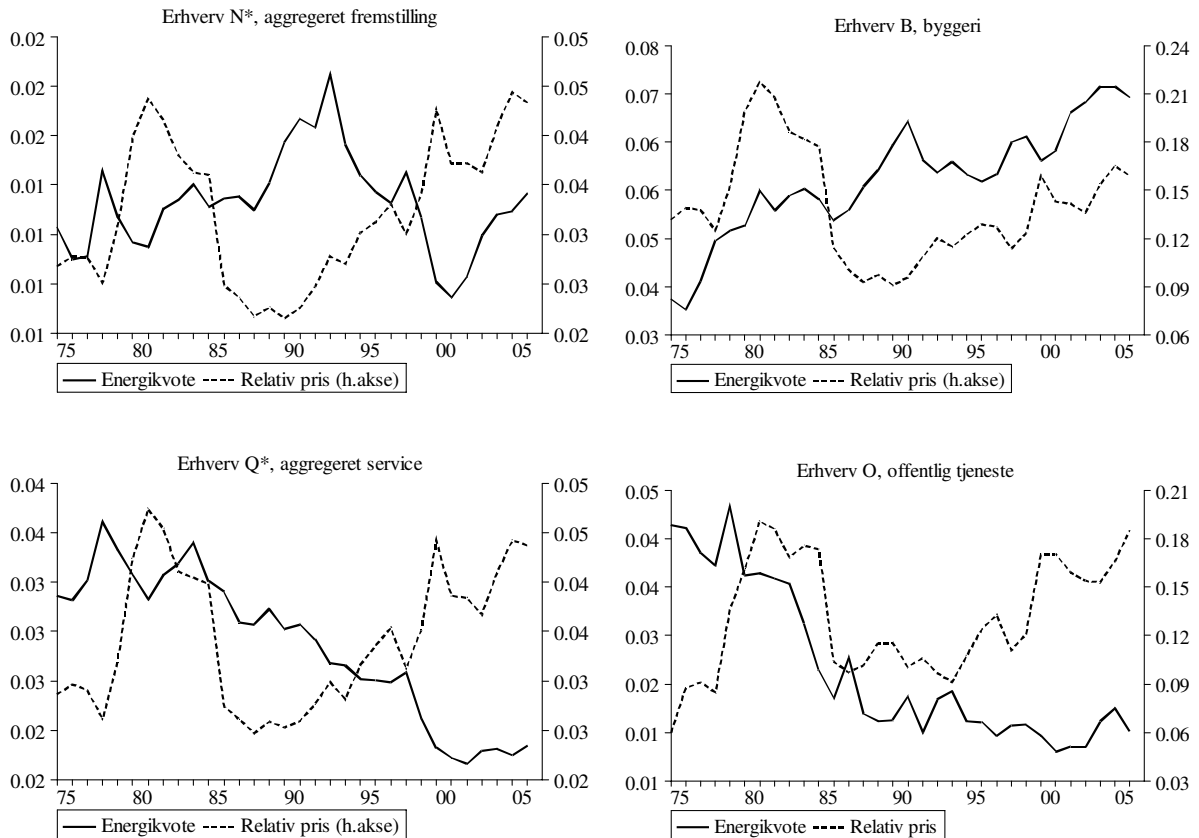


## 2.6.1 Data

I energimatricerne fra Danmarks Statistik findes data tilbage til 1975, hvilket betyder at transporterhvervene og de øvrige erhvervs forbrug af transportenergi er estimeret fra 1975 til 2005. For transporterhvervene findes to undtagelser, hvor el- og fuelolieforbruget også er medtaget, det gælder for søtransport og jernbaner. På figur 35 er energikvoter og de relative priser vist for de ti erhverv, hvor de fire hhv. fremstillings- og serviceerhverv er aggregerede. Energifkvoteerne er opgjort som det pågældende erhvervs forbrug af transportenergi i forhold til produktionen, og den relative pris er prisen på transportenergi i forhold til prisen på output.

**Figur 35. Energifkvote og relative priser**





Note: For de viste otte erhverv beregnes kun for transportenergi, da resten af energityperne er af ubetydelig størrelse. Dog medtages for søtransporten (fuel)olie, mens der for jernbaner også medtages el, da nogle tog kører på el.

Det ses af ovenstående figur, at der ikke umiddelbart er en negativ sammenhæng mellem transportenergi prisen og –forbruget. Omkring 1979, hvor den anden oliekrise fandt sted, ses en betydelig stigning i transportenergi prisen, men ikke tilsvarende ændringer i forbruget af transportenergi. Et erhverv der er interessant at bemærke er landtransporterhvervet, hvor den kraftige prisstigning på transportenergi ikke ændrer adfærden, hvilket betyder, at forbruget af transportenergi forholder sig nogenlunde konstant. Et andet erhverv som er værd at bemærke er jernbaneerhvervet, hvor forbruget af transportenergi stiger mens prisen ligeledes stiger, dog en anelse forskudt.

## 2.6.2 Estimationer

Af tidsmæssige årsager er det valgt at estimere erhvervenes transportenergiforbrug på en forholdsvis enkel måde. Der har ikke i det tilgrundlæggende EMMA-projekt været afsat særlige ressourcer til transportmodellering, herunder heller ikke til husholdningernes transportenergiforbrug. Da forventningen er, at der fremover skal arbejdes en del mere med transport i EMMA har der ikke været nogen grund til at gøre alt for meget ud af modelleringen i denne version.

Derfor modelleres erhvervenes transportenergiforbrug ud fra produktionsværdien i det pågældende erhverv samt en relativ pris (på transportenergi hhv. produktionsværdi) samt en estimeret effektivitetstrend.

For de deciderede transporterhverv ( $qs$ ,  $ql$ ,  $qv$  og  $qj$ ) estimeres *hele* energiforbruget (dvs. type  $z$ ), og ikke kun type  $t$  som for de andre erhverv. Jf. i øvrigt tabel 5 for en oversigt over energiforbrugene i de enkelte erhverv.<sup>21</sup>

**Tabel 10. Estimation af erhvervenes transportenergiforbrug**

	Priselasticitet	Eff% 1980	Eff% 2005	Tilpasning	s	DW
<i>af</i>	-0,21 (0,13)	2,3	-0,9	0,35 / 0,41	0,084	1,88
<i>al</i>	0	-3,8	-1,2	0,49 / 1,00	0,090	2,33
<i>nf</i>	0	5,1	-1,2	0,11 / 0,38	0,049	1,79
<i>nm</i>	-0,43 (0,20)	1,1	-0,7	0,40 / 0,20	0,048	1,52
<i>nk</i>	-0,49 (0,18)	0,3	7,0	0,20 / 0,35	0,059	1,98
<i>nq</i>	-0,40 (0,20)	-5,2	0,0	0,37 / 0,20	0,047	1,67
<i>b</i>	-0,33 (0,15)	2,7	-6,4	0,42 / 0,20	0,039	1,58
<i>qh</i>	-0,28 (0,16)	5,3	0,3	0,43 / 0,20	0,039	1,65
<i>qk</i>	-0,35 (0,35)	5,4	11,6	1,18 / 0,33	0,158	2,09
<i>qo</i>	-0,31 (0,28)	-3,5	3,3	0,57 / 0,31	0,068	2,05
<i>qq</i>	-0,10 (0,08)	-1,1	0,2	1,13 / 0,58	0,047	1,79
<i>o</i>	0	9,8	-1,6	1,00 / 0,63	0,149	2,04
Transporterhverv						
<i>qs</i>	-0,35 (0,14)	2,2	20,2	0,64 / 0,57	0,096	2,10
<i>ql</i>	-0,33 (0,33)	10,1	-3,9	0,33 / 0,17	0,099	1,85
<i>qv</i>	-0,15 (0,16)	1,2	4,4	0,41 / 0,20	0,046	1,69
<i>qj</i>	0	-0,8	5,6	0,20 / 0,20	0,050	1,13

- Mht. *al* sættes priselasticiteten til 0, da den ellers estimeres til 0,05 (forkert fortegn). Der er formentlig et databrud i 2000/2001, men det forbedrer ikke noget at indsætte dummier. Tilpasningshastigheden bindes til 1, da den ellers estimeres til 1,21.
- For *nf* bliver priselasticiteten 0,05, hvis den estimeres frit (forkert fortegn).
- For *nm* bindes tilpasningshastigheden til 0,20, da der ellers er konvergensproblemer. Dette er ca. hvad der fås i totrins-estimation og derfor ikke i modstrid med data.

<sup>21</sup> For søtransporten er forbruget af type *f* nok alligevel transportenergi, for lufttransporten betyder de andre typer ikke noget, og vedr. jernbaner skal elforbrug med, mens type *f* formentlig også hér er udtryk for transportenergi. For landtransporten burde el, gas og fjernvarme formentlig være skilt ud, men dette er ikke gjort denne gang for at holde ligningerne for *qs*, *ql*, *qv* og *qj* så ens som mulige. Der er nok et generelt behov for at se på hvad der kan henregnes til transportenergiforbrug for disse fire transporterhverv.

- For  $nk$  bindes de to kortsigtsparametre til hvad der fås i totrins-estimation. I fri estimation fås forkerte fortegn for disse. Transportenergiforbruget for  $nk$  er meget lille.
- I  $nq$ -erhvervet: Hvis tilpasningshastigheden estimeres for given priselasticitet, fås ca. 0,16. Derfor bindes til 0,20. Ellers konvergerer det ikke.
- I  $b$ -erhvervet: Frit estimeret bliver tilpasningshastigheden 0,07, og generelt utroværdige parameter-værdier. Denne bindes derfor til 0,20.
- Estimationen for  $qh$  divergerer, med mindre tilpasningshastigheden sættes til 0,20. Bliver ca. 0,12 i to trin.
- For  $ql$  er residualerne meget store de sidste 10 år. Det er helt sikkert et vanskeligt erhverv at estimere.
- I  $qv$ -erhvervet: Det var nødvendigt at binde tilpasningshastigheden til 0,20 – ellers blev den 0,03.
- For  $qj$  var det ikke muligt at finde nogen substitution. Både førstearseffekt og tilpasningshastigheden er sat til 0,20 – i fri estimation bliver de hhv. 0,02 og 0,04. Erhvervet generelt meget vanskeligt at estimere noget rimeligt for.

### 2.6.3 Ligninger

```

FRML _SJRJ log(qJtafw) = -log(dtqjtaf) +log(fXaf_emma) -0.214095*log(pqjtaf/dtqjtaf/pxaf_emma) +0.092629 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtaf) = 0.352483*Dlog(qJtafw) +0.406716*(log(qJtafw(-1))-log(qJtaf(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtalw) = -log(dtqjtal) +log(fXal_emma) +0.00000*log(pqjtal/dtqjtal/pxal_emma) -2.56002 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtal) = 0.488751*Dlog(qJtalw) +1.00000*(log(qJtalw(-1))-log(qJtal(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtnfw) = -log(dtqjtnf) +log(fXnf_emma) +0.00000*log(pqjtnf/dtqjtnf/pxnf_emma) -4.37530 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtnf) = 0.114698*Dlog(qJtnfw) +0.381605*(log(qJtnfw(-1))-log(qJtnf(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtnmw) = -log(dtqjtnm) +log(fXnm_emma) -0.434453*log(pqjtnm/dtqjtnm/pxnm_emma) -5.01138 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtnm) = 0.399748*Dlog(qJtnmw) +0.20000*(log(qJtnmw(-1))-log(qJtnm(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtnkw) = -log(dtqjtnk) +log(fXnk_emma) -0.492583*log(pqjtnk/dtqjtnk/pxnk_emma) -5.88632 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtnk) = 0.20000*Dlog(qJtnkw) +0.35000*(log(qJtnkw(-1))-log(qJtnk(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtnqw) = -log(dtqjtnq) +log(fXnq_emma) -0.404948*log(pqjtnq/dtqjtnq/pxnq_emma) -4.82442 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtnq) = 0.373763*Dlog(qJtnqw) +0.20000*(log(qJtnqw(-1))-log(qJtnq(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtbw) = -log(dtqjtb) +log(fXb_emma) -0.326126*log(pqjtb/dtqjtb/pxb_emma) -3.28629 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtb) = 0.421515*Dlog(qJtbw) +0.20000*(log(qJtbw(-1))-log(qJtb(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtqhw) = -log(dtqjtqh) +log(fXqh_emma) -0.281700*log(pqjtqh/dtqjtqh/pxqh_emma) -3.51493 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtqh) = 0.425664*Dlog(qJtqhw) +0.20000*(log(qJtqhw(-1))-log(qJtqh(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtqkw) = -log(dtqjtqk) +log(fXqk_emma) -0.348086*log(pqjtqk/dtqjtqk/pxqk_emma) -5.81016 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtqk) = 1.17888*Dlog(qJtqkw) +0.326566*(log(qJtqkw(-1))-log(qJtqk(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtqow) = -log(dtqjtqo) +log(fXaf_emma) -0.311272*log(pqjtqo/dtqjtqo/pxaf_emma) -4.77464 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtqo) = 0.565375*Dlog(qJtqow) +0.309051*(log(qJtqow(-1))-log(qJtqo(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtqqw) = -log(dtqjtqq) +log(fXaf_emma) -0.095771*log(pqjtqq/dtqjtqq/pxaf_emma) -4.39945 $
FRML _SJRJ Dlog(qJtqq) = 1.12758*Dlog(qJtqqw) +0.578631*(log(qJtqqw(-1))-log(qJtqq(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJtow) = -log(dtqjto) +log(fXo_emma) +0.00000*log(pqjto/dtqjto/pxo_emma) -4.26264 $
FRML _SJRJ Dlog(qJto) = 1.00000*Dlog(qJtow) +0.625287*(log(qJtow(-1))-log(qJto(-1))) $

FRML _SJRJ log(qJzqsw) = -log(dtqjzqs) +log(fXqs_emma) -0.347694*log(pqjzqs/dtqjzqs/pxqs_emma) -3.06412 $
FRML _SJRJ Dlog(qJzqs) = 0.643554*Dlog(qJzqsw) +0.565101*(log(qJzqsw(-1))-log(qJzqs(-1))) $

```

FRML \_SJRJ  $\log(qJzqlw) = -\log(dtqjzql) + \log(fXql\_emma) - 0.333419 * \log(pqjzql/dtqjzql/pxql\_emma) - 0.420205$  \$  
FRML \_SJRJ  $D\log(qJzql) = 0.330412 * D\log(qJzqlw) + 0.174357 * (\log(qJzqlw(-1)) - \log(qJzql(-1)))$  \$

FRML \_SJRJ  $\log(qJzqv) = -\log(dtqjzqv) + \log(fXqv\_emma) - 0.154336 * \log(pqjzqv/dtqjzqv/pxqv\_emma) - 1.51409$  \$  
FRML \_SJRJ  $D\log(qJzqv) = 0.409823 * D\log(qJzqv) + 0.20000 * (\log(qJzqv(-1)) - \log(qJzqv(-1)))$  \$

FRML \_SJRJ  $\log(qJzqjw) = -\log(dtqjzqj) + \log(fXaf\_emma) + 0.00000 * \log(pqjzqj/dtqjzqj/pxaf\_emma) - 0.823175$  \$  
FRML \_SJRJ  $D\log(qJzqj) = 0.20000 * D\log(qJzqjw) + 0.20000 * (\log(qJzqjw(-1)) - \log(qJzqj(-1)))$  \$

## 2.7 Prisligninger og CO<sub>2</sub>-kvotepris for erhvervene

CO<sub>2</sub>-kvoteordningen dækker energisektoren (f.eks. kraftvarmeværker og offshore-sektoren) samt større produktionsenheder i fremstillingssektoren; nærmere bestemt disses forbrug af naturgas, kul og olie (proces-delen af disse – ikke den del der bruges til opvarmning). Ifølge tal fra Energistyrelsen er der for 2005 tale om følgende “dækningsgrad” for de enkelte erhverv:

**Tabel 11. Kvotedækningsgrad, 2005 (gammel EMMA-version)**

	Naturgas (g)	Kul (s)	Olie (f)
<i>a</i>	0,59	0,00	0,00
<i>nb</i>	0,52	1,18	0,83
<i>nf</i>	0,70	1,18	0,70
<i>nk</i>	0,59	1,02	0,35
<i>nm</i>	0,18 <sup>1</sup>	0	0,01
<i>nn</i>	0,76	0	0,02
<i>nq</i>	0,62	0	0,00
<i>nt</i>	0,42	0	0,01
<i>o</i>	0,08	0	0,00

Anm.: 1) Ændrer sig til 0,22 i 2006 pga. stålværkerne i Frederiksværk. Celler med rent 0 har intet kulforbrug.

Denne tabel er fra den tidligere version af EMMA, og det kan bl.a. undre, at tre af kul-cellerne har en dækningsgrad på over 100%. Energistyrelsen er pt. ved at opdatere tallene, og på baggrund af dette arbejde vil der kunne laves kvotedækningsgrader til de nye EMMA-erhverv. El og fjernvarme er ikke omfattet, da kraftværkerne allerede har overvæltet CO<sub>2</sub>-kvoterne til produktion af disse i priserne, og transportenergi er helt friholdt for kvoteordningen. Bio-masse er CO<sub>2</sub>-neutralt og er derfor ikke med.

### 2.7.1 Implementering

Ideen i implementeringen er, at CO<sub>2</sub>-kvoteprisen fungerer som en slags pseudo-afgift, idet CO<sub>2</sub>-kvoteprisen på marginalen fungerer helt som en afgift, som så bare i høj grad tilbageføres (hvilket ikke har nogen betydning for *marginalomkostningen*). I tidligere versioner af EMMA så erhvervenes priser ud som følger:

$$\begin{aligned} \text{FRML\_GJ\_ } pqjgnm &= (pqjgnm(-1) - tqjgnm(-1) - avqjgnm(-1)) * pngas / pngas(-1) \\ &+ tqjgnm + avqjgnm \end{aligned} \quad (0.36)$$

Ideen i denne ligning er, at det er *nettoprisen* (dvs. før afgifter og avancer) på naturgas, som følger den overordnede rå naturgaspris, *pngas*. Nettoprisen fås ved at trække *tqjgnm* og *avqjgnm* fra *pqjgnm*. For at spare nogle variabler kan nettoprisen ikke eksplicit ses i EMMA, idet ligning (0.36) skal opfattes som en sammentrængt måde at skrive følgende ligninger på:

$$\text{FRML\_GJ\_ } pqjgnm^+ = pqjgnm^+(-1) * pngas / pngas(-1) \quad (0.37)$$

$$\text{FRML\_GJ\_ } pqjgnm = pqjgnm^+ + tqjgnm + avqjgnm \quad (0.38)$$

hvor *pqjgnm<sup>+</sup>* er nettoprisen på naturgas i *nm*-erhvervet. Dernæst fås ligning (0.36) ved at indsubstituere ligning (0.37) i ligning (0.38) og lagge og løse ligning (0.38) for *pqjngnm(-1)*, og så indsætte denne. Som sagt eksisterer nettoprisen *pqjgnm<sup>+</sup>* ikke eksplicit i EMMA, for at

kunne spare et stort antal variabler. Hvis der udvides med en CO<sub>2</sub>-kvotepris, kommer formelen til at se ud som følger:

$$\begin{aligned} \text{FRML\_GJ\_} \quad \text{pqjgnm} &= (\text{pqjgnm}(-1) - \text{tqjgnm}(-1) - \text{avqjgnm}(-1) \\ &\quad - \text{bco2gnm}(-1) * \text{bncgnm}(-1) * \text{pco2}(-1) / 1000000) \\ &\quad * \text{pngas} / \text{pngas}(-1) \\ &\quad + \text{tqjgnm} + \text{avqjgnm} + \text{bco2gnm} * \text{bncgnm} * \text{pco2} / 1000000 \quad \$ \end{aligned} \quad (0.39)$$

Det ses, at der er tilføjet leddet  $\text{bco2gnm} \cdot \text{bncgnm} \cdot \text{pco2} / 1000000$  både i den laggede og den ulaggede del. I dette led er  $\text{bco2gnm}$  den andel af  $\text{qJgnm}$ , som er kvotebelagt, dvs. tallene i tabel 11 (konkret 0,18 i 2005). Det næste led er CO<sub>2</sub>-emissionskoefficienten, som hedder  $\text{bncgnm}$  og er i enheden ton/TJ. Kvotepriisen har betegnelsen  $\text{pco2}$  og er i kr./ton, hvorfor der, når der ganges disse sammen og divideres med 1.000.000, fås et beløb i mio. kr./TJ, hvilket også er den enhed energipriserne måles i.<sup>22</sup>

## 2.7.2 Implementering af CO<sub>2</sub>-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 CO<sub>2</sub>-kvotepriisen 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 CO<sub>2</sub>-kvotepriisen på 100 kr./ton giver sig udslag i en forøget el-pris på ca. 6-7 øre/kWh. Hvis vi kalder NordPool-prisen  $\text{pnpool}$ , og kalder den del af  $\text{pnpool}$ , som ikke skyldes CO<sub>2</sub>-kvoter, for  $\text{pnpoolb}$  ( $b$  for "brændsler"), kan vi lægge CO<sub>2</sub>-kvoteeffekten ind via følgende ligning:

$$\text{FRML\_GJ\_D} \quad \text{pnpool} = \text{pnpoolb} + \text{bpnpool1} / 360 * (\text{pco2} / 100) \quad \$ \quad (0.40)$$

Her kan  $\text{bpnpool1}$  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  $\text{pnpoolb}$  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  $\text{pnpool}$  (og de andre energipriser i EMMA). Således er  $\text{pnpool}$  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 fremstillingerserhvervenes el-priser i EMMA på omkring 0,12-0,14 mio. kr./TJ når afgifterne er trukket ud.  $\text{pnpool}$  kunne selvfølgelig godt have været defineret i øre/kWh, men så mistes den direkte sammenlignelighed til  $\text{pqje}$ 'erne. Hvis CO<sub>2</sub>-kvotepriisen 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.

<sup>22</sup> Det vælges at lade  $\text{pco2}$  være i kr./ton, som er den mest brugte enhed i Danmark.

Datamæssigt er  $pnpoolb$  i statistikdækkede år lavet ved at løse (0.40) for  $pnpoolb$ , givet at  $bpnpool1$  er sat til en værdi, som har været sandsynlig i disse år, f.eks. 7.

De følgende ligninger danner overgangen fra NordPool-prisen  $pnpool$  til EMMA's  $pnele$ , som styrer el-prisen for erhverv og husholdninger.

$$\begin{aligned} \text{Dlog}(pnele) &= \text{Dlog}(pnpool) \\ \text{Dlog}(pnfjv) &= \text{Dlog}(pnpoolb) \end{aligned} \quad (0.41)$$

Det bør overvejes at introducere overordnede el- og fjernvarmepriser i EMMA, i stedet for  $pnele$  og  $pnfjv$ , som er rene håndtagsvariabler, som pr. default har værdien 1 i databanken. På et senere tidspunkt bør alt dette forbedres, men hensigten har udelukkende været at foretage nogle indledende spadestik vedrørende en CO<sub>2</sub>-kvotepriis i EMMA, og derfor er der altså antaget den forsimplede sammenhæng i (0.41).<sup>23</sup>

Samlet ser modulet vedr. CO<sub>2</sub>-kvoternes effekt i forsyningssektoren ud som følger:

```
( ) Den overordnede el-pris sættes til at følge forsyningssektorens alternativt NordPool-elpris
FRML _GJ_D          Dlog(pnele)      = (1-dpool)*Dlog(pqxe) + dpool*dlog(pnpool) $

( ) Den overordnede fjernvarmepris sættes til at følge el-prisen alternativt NordPool-elpris
  fratrukket CO2-kvotebidrag
FRML _GJ_D          Dlog(pnfjv)      = (1-dpool)*Dlog(pnele) + dpool*dlog(pnpoolb) $

( ) 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).
FRML _GJ_D          pnpool           = pnpoolb + bpnpool1/360 * (pco2/100) $
```

I ligningerne er der indsat eksogeniseringsmuligheder.

<sup>23</sup> Konkret disse ligninger:

```
Dlog(pnele) = (1-dpool)*Dlog(pqxe) + dpool*dlog(pnpool) $
Dlog(pnfjv) = (1-dpool)*Dlog(pnele) + dpool*dlog(pnpoolb) $
Når dpool = 1 og dpnele = dpnfjv = 0, er NordPool-modulet aktiveret.
```



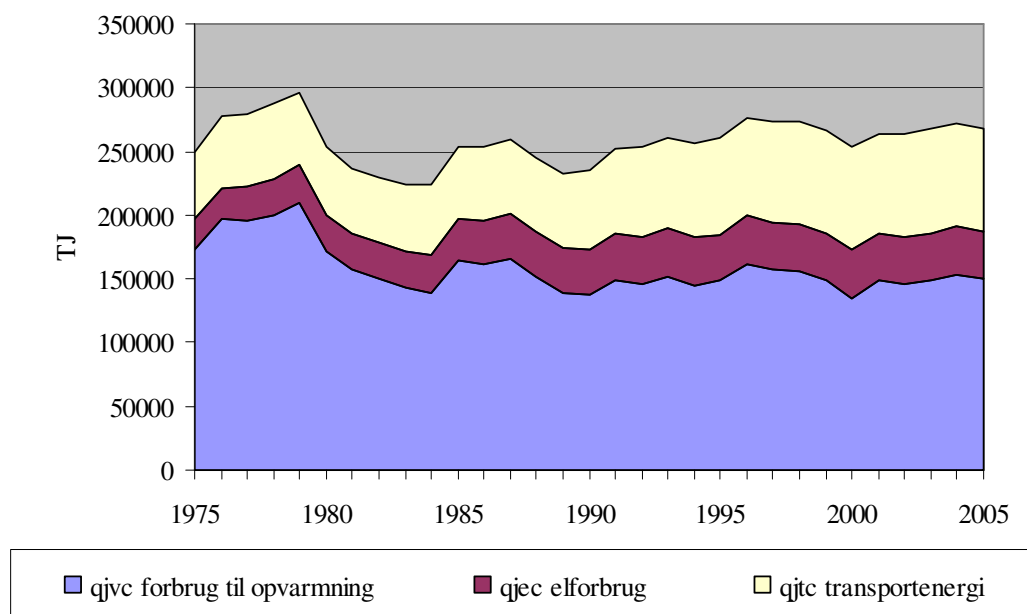
### 3. Husholdningernes energiforbrug

Dette kapitel omhandler husholdningernes energiforbrug, som står for ca.  $\frac{1}{3}$  af det samlede danske bruttoenergiforbrug, hvorfor deres 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, transport og el til drift af husholdningsapparater og lys, og modellen indeholder adfærdrelationer til bestemmelse af energiforbruget inden for hvert af disse energibehov. Dette er beskrevet i afsnit 3.2-3.4, mens afsnit 3.1 omhandler udviklingen i husholdningernes energiforbrug. I afsnit 3.4 opstilles de to modeller for husholdningernes el-forbrug – apparat- og husstandsmodellen i hhv. afsnit 3.4.1 og 3.4.3.

#### 3.1 Udviklingen i husholdningernes energiforbrug

Figur 36 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 været 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 36. Husholdningernes energiforbrug**



Generelt kan den langsigtede adfærdsligning skrives som:

$$E^* \cdot e = f\left(N, \frac{(P_E / e)}{P}, G\right) \quad (0.42)$$

Hvor  $E^*$  er det langsigtede forbrug af energi til hhv. opvarmning, transport eller el-forbrugende apparater,  $e$  er et effektivitetsindeks,  $N$  er en "aktivitetsvariabel", der alt andet lige bestemmer niveauet for efterspørgslen og dækker over forskellige variabler i relationerne for hver af de 3 anvendelsesområder,  $P$  er prisen for det samlede forbrug,  $P_E$  er prisen på det pågældende energiforbrug, og  $G$  er en klimakorrektionsfaktor. Jf. evt. nærmere i afsnit 2.3.1 vedrørende effektivitetsindeks.

For anvendelsesområderne opvarmning og transport modelleres husholdningernes energiforbrug v.h.j.a. én aggregeret ligning for hvert område, 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 (0.42) formuleres som:

$$\log(E^*) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log(N) + \alpha_2 \cdot \log\left(\frac{P_E}{P}\right) + \alpha_3 \cdot \log(G) - (1 + \alpha_2) \cdot \log(dt) \quad (0.43)$$

hvor  $\log(dt)$  er et 2. grads polynomium i tiden  $t$ , dvs.  $\log(dt) = \omega_1 \cdot t + \omega_2 \cdot t^2$ , jf. også afsnit 2.3.1 vedr. formuleringen af effektivitetsindeksene.

EMMA har en hel del forskellige variabler i relation til husholdningernes energiforbrug, og bortses fra transportenergiforbruget  $qJtc$ , kan variablerne illustreres som i den følgende figur:

**Figur 37. 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 opvarmning  
*qJexc* = Husholdningers elforbrug uden diverse, pc og opvarmning  
*qJepcc* = Elforbrug til pc  
*qJedc* = Elforbrug til diverse

Jf. også tabel 5.

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 opvarmningssystem.

I modelmæssig/fremskrivningsmæssig sammenhæng er den interessante variabel brændselsforbruget i boligens opvarmningssystem, 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:

$$\log(qJvc1w) = -\log(dtqjvc1) - 1.0 * \log(klima) + \alpha1 * \log(khm2) + \alpha2 * \log(pqjvc/dtqjvc1/pcpuxh) + \alpha0 \quad (0.44)$$

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:

$$qJvc1 = qJvc + (227/365 * 0.75) * qJexc \quad (0.45)$$

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 opvarmningssæsonen nyttiggøres som rumopvarmning. Opvarmningssæsonen antages at være 227 dage/året.

Variablen  $klima$  i (0.44) er en graddagskorrektion 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 37. 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 m<sup>2</sup>,  $pqjvc$  er husholdningernes varmepris i kr/TJ,  $pcpuxh$  er prisen på det samlede privatforbrug ekskl. boligudgifter, og  $dtqjvc$  er effektiviteten i udnyttelsen af energi.

Denne ligning overlejreres med fejlkorrektionstilpasning, så  $qJvc1$  tilpasser sig  $qJvc1w$  med en førsteårseffekt  $v$  og tilpasningshastighed  $c$ . Jf. evt. afsnit 2.3.2 vedrørende fejlkorrektionsmodeller og fortolkning af parametrene i disse, eller se til sidst i dette afsnit vedr. de konkrete

modelligninger. Ligningen er estimeret på data for perioden 1976-2005, og estimationsresultaterne er vist i tabel 12.

**Tabel 12. Estimationsresultater for husholdningernes energiforbrug til opvarmning**

	Fortolkning	Estimat	Spredning
$\alpha_0$	Konstantled	-1.11425	0,092939
$\alpha_1$	Langsigteffekt, khm <sup>2</sup>	1.0	bundet
$\alpha_2$	Priselasticitet, langt sigt	-0,365003	0,051862
$\nu$	Førsteårseffekt	0,400743	0,177323
$\gamma$	Tilpasningshastighed	0,735460	0,182367
$\omega_1$	Trendparameter, t	-0,564866E-02	0,328360E-02
$\omega_2$	Trendparameter, t <sup>2</sup>	-0,751308E-03	0,154307E-03

Estimationsperiode: 1976-2005      s = 0,026   R<sup>2</sup> = 0,95   DW = 1,94

Som det ses af resultaterne i tabel 12, 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 (0.45) 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 Energiforbrug til transport

For husholdningernes forbrug af transportbrændsel er udgangspunktet ligning (0.43), hvor  $N$  er bestanden af biler (ADAM-variabelen  $nkcb$ ). Forbruget vurderes ikke at være klimaafhængigt i væsentlig grad, hvorfor den langsigtede adfærdsrelation er formuleret som:

$$\log(qjtc^*) = \alpha_0 + \alpha_1 \cdot \log(nkcb) + \alpha_2 \cdot \log\left(\frac{pqjtc}{pcpu}\right) - (1 + \alpha_2) \cdot \log(dtqjtc) \quad (0.46)$$

hvor  $nkcb$  er bestanden af biler ultimo året,  $pqtjc$  er prisen på transportbrændstof og  $dtqtjc$  er bilernes brændstofeffektivitet bestemt som et kvadratisk trendled. Estimationsmæssigt sættes  $\alpha_1 = 1$ , dvs. på lang sigt forventes benzinforbruget alt andet lige at vokse proportionalt med antallet af biler. Kortsigtsrelationen formuleres som en fejlkorrektionsmodel (jf. evt. afsnit 2.3.2).

**Tabel 13. Estimationsresultater for husholdningernes transportenergiforbrug**

	Fortolkning	Estimat	Spredning
$\alpha_0$	Konstantled	3,18056	0,132210
$\alpha_1$	Langsigteffekt, $nkcb$	1,0	bundet
$\alpha_2$	Priselastitet, langt sigt	-0,422307	0,085296
$\lambda_1$	Førsteårstilpasning	0,534804	0,111485
$\gamma$	Tilpasningshastighed	0,3	bundet
$\omega_1$	Trendparameter, t	-0,00558819	0,00695142
$\omega_2$	Trendparameter, t <sup>2</sup>	-0,000102951	0,000366443
Estimationsperiode: 1976-2005 s=0,023 R2=0,985		DW=0,98	

Det har været forsøgt at opbløde kortsigtdynamikken med det ekstra led  $v_2 \text{Dlog}(pqtjc/pcpu)$ , for at give mulighed for forskellig tilpasning mht. antallet af biler og de relative priser. Et sådant ekstra led er imidlertid klart insignifikant, så den simple fejlkorrektionsstilpasning bibeholdes. Trenderne er i øvrigt også meget insignifikante, men bibeholdes dog alligevel. Trendeffekten beløber sig til ca.  $-0,1\%$  i 1980 og  $-0,6\%$  i 2005.

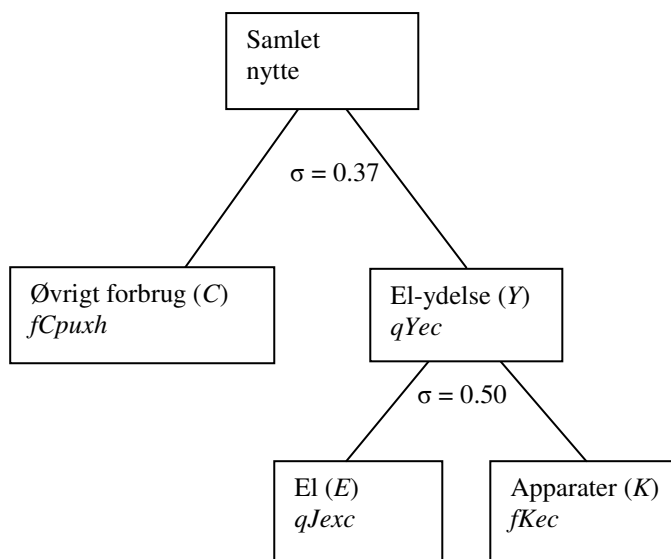
Som det ses, er den langsigtede priselastitet ret velbestemt, men det har været nødvendigt at binde fejlkorrektionsstilpasningsparameteren til 0,3. Dette er inden for det acceptable område med sideblik på resultatet af en totrens-estimation af ligningen. Uden bindingen konvergerer estimationen ikke, da parameteren har en tendens til at blive meget lille i fri estimation.

### 3.4 El-forbrug

#### 3.4.1 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 38. 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.

$$\log(Y^* / C^*) = -\sigma_2 \log(P_Y / P_C) + \sigma_2 \log(\delta_2) \quad (0.47)$$

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:

$$\log(E^*) = \log(Y^*) - \sigma_1 \log(P_E / P_Y) + \sigma_1 \log(\delta_1) \quad (0.48)$$

$$\log(K^*) = \log(Y^*) - \sigma_1 \log(P_K / P_Y) + \sigma_1 \log(1 - \delta_1) \quad (0.49)$$

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  $P_K$ :

$$P_Y = \left( \delta_1^{\sigma_1} P_E^{1-\sigma_1} + (1-\delta_1)^{\sigma_1} P_K^{1-\sigma_1} \right)^{\frac{1}{1-\sigma_1}} \quad (0.50)$$

Hvis ligning (0.47) og (0.50) indsættes i ligning (0.48) og (0.49) 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 ligning (0.47) indsat i ligning (0.48) og (0.49) fås følgende system:

$$\log(E^*) = \log(C^*) - \sigma_1 \log(P_E / P_Y) - \sigma_2 \log(P_Y / P_C) + \sigma_1 \log(\delta_1) + \sigma_2 \log(\delta_2) \quad (0.51)$$

$$\log(K^*) = \log(C^*) - \sigma_1 \log(P_K / P_Y) - \sigma_2 \log(P_Y / P_C) + \sigma_1 \log(1 - \delta_1) + \sigma_2 \log(1 - \delta_2) \quad (0.52)$$

hvor  $P_Y$  altså er givet fra ligning (0.50). 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 ligning (0.49) 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.  $-0,50 + 0,62 (0,50 - 0,37) = -0,50 + 0,08 = -0,42\%$ .

Variabelnavnene er som følger i EMMA:

**Tabel 14. 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-ydelsen og prisen på denne bruges kun implicit i modellen og kan derfor opfattes som tabelvariabler. Trenden for el-ydelse ( $dtqy$ ) 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 (jf. evt. afsnit 2.3.2), som kaldes  $e_E$  og  $e_K$ . Disse tilsættes i CES-prisindekset i ligning (0.50) ved at blive divideret op i de to priser og i efterspørgselsligningerne ved at dividere højresiden for f.eks.  $E^*$  med  $e_E$  og derefter dividere de to priser med  $e_E$  og  $e_K$ . Jf. evt. også afsnit 2.3.1. Det giver følgende system:

$$P_Y = \left( \delta_1^{\sigma_1} \left( \frac{P_E}{e_E} \right)^{1-\sigma_1} + (1-\delta_1)^{\sigma_1} \left( \frac{P_K}{e_K} \right)^{1-\sigma_1} \right)^{\frac{1}{1-\sigma_1}} \quad (0.53)$$

$$\log(E^*) = \log(C^*) - \sigma_1 \log(P_E / P_Y) - \sigma_2 \log(P_Y / P_C) - (1 - \sigma_1) \log(e_E) + \sigma_1 \log(\delta_1) + \sigma_2 \log(\delta_2) \quad (0.54)$$

$$\log(K^*) = \log(C^*) - \sigma_1 \log(P_K / P_Y) - \sigma_2 \log(P_Y / P_C) - (1 - \sigma_1) \log(e_K) + \sigma_1 \log(1 - \delta_1) + \sigma_2 \log(1 - \delta_2) \quad (0.55)$$



Kortsigtsdynamikken i ligningerne er formuleret fuldstændigt som skitseret i afsnit 2.3.2. Det vil sige:

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

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

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 15. Estimationsresultat**

	Parameter	Estimat	Spredning
Subst. E / K	$\sigma_1$	0,498835	0,178345
Subst. Y / C	$\sigma_2$	0,374325	0,224977
E-eff. lineær	$\omega_{E1}$	0,022448	0,851295E-02
E-eff. kvadr	$\omega_{E2}$	0,884057E-03	0,562247E-03
K-eff. lineær	$\omega_{K1}$	-0,024195	0,587912E-02
K-eff. kvadr.	$\omega_{K2}$	-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	$\delta_1$	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.:  $k_2 = \sigma_2 * \log(\delta_2)$ , 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.

[xx Der skal stå noget om, hvad ligningerne for  $Km1c$  osv. overhovedet bruges til og hvor parametrene kommer fra.]

### 3.4.2 Modelligninger

Nedenfor ses EMMA's ligninger for husholdninger (ekskl. Risøs model).

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

( ) VARMEFORBRUG -----

FRML _DJRD          klima          = 1/(((1-VVAND)*GRADDAG)/3216 + VVAND ) $
FRML _GJRD          pqjvc          = BQJECV*PQJEC + BQJGCV*PQJGC + BQJHCV*PQJHC
                                + BQJSCV*PQJSC + BQJBCV*PQJBC
                                + (1-BQJECV-BQJGCV-BQJHCV-BQJSCV-BQJBCV)*PQJFC $
FRML _SJRD log(qJvc1w) = -log(dtqjvc1) -1.00000*log(klima) + 1.00000*log(khm2)
                                -0.365003*log(pqjvc/dtqjvc1/pcpuxh) -1.11425 $
FRML _SJRD Dlog(qJvc1) = 0.400743*Dlog(qJvc1w) +0.735460*(log(qJvc1w(-1))-log(qJvc1(-1)))
                                + (1-0.400743)*(-1.00000)*Dlog(klima) $
FRML _I             qJvc          = qJvc1 - 227/365*0.75 *qJexvc $

( ) ELFORBRUG -----

( ) usercost
FRML _D__D          uim1c          = pcplc*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(dtqjm1c)+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 _SJRD log(qJexcw) =log(cpuxh/pcpuxh)
                        +0.498835*log(0.854912)
                        -3.40671
                        -0.498835*log(pqjec/pwemc)
                        - (1-0.498835)*log(dtqjexc)
                        -0.374326*log(pwemc/pcpuxh) $
FRML _SJRD log(fKecw) =log(cpuxh/pcpuxh)
                        +0.498835*log(1-0.854912)
```

```

-3.40671
-0.498835*log(pkec/pwemc)
- (1-0.498835)*log(dt fkec)
-0.374326*log(pwemc/pcpuxh) $

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

() Lys
FRML _DJRD          Dlog(Km1cw)      = Dlog(fKecw) $
FRML _GJRDF        dlog(Km1c)       = dlog(bfkm1c)+0.34900*Dlog(fKecw)
                  - 0.20000*(log(Km1c(-1))-log(Km1cw(-1))) $

() TV
FRML _DJRD          Dlog(Km2cw)      = Dlog(fKecw) $
FRML _GJRDF        dlog(Km2c)       = dlog(bfkm2c)+0.34900*Dlog(fKecw)
                  - 0.20000*(log(Km2c(-1))-log(Km2cw(-1))) $

() Husholdningsapparater
FRML _DJRD          Dlog(Km3cw)      = Dlog(fKecw) $
FRML _GJRDF        dlog(Km3c)       = dlog(bfkm3c)+0.34900*Dlog(fKecw)
                  - 0.20000*(log(Km3c(-1))-log(Km3cw(-1))) $

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

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

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

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

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

() TRANSPORT -----
FRML _SJR Dlog(qJtcw) = -log(dtqjtc) + 1.00000*log(nkcb)
                  -0.422307*log(pqjtc/dtqjtc/pcpu) +3.18056 $
FRML _SJR Dlog(qJtc) =0.534804*Dlog(qJtcw) +0.30000*(log(qJtcw(-1))-log(qJtc(-1))) $

() 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            QJEVC           = BQJECV*QJVC $
FRML _G            QJFC            = (1-BQJECV-BQJGCV-BQJHCV-BQJSCV-BQJBCV)*QJVC $
FRML _I            QJEXVC          = QJEXC+QJEPCC+QJEDC $
FRML _GJ_D        OFCG             = KFCG*QJTC $
FRML _GJ_         ofCe             = kfce*qJvec $
FRML _D           qJvec            = qJvc+qJexvc $
FRML _GJR D       QJOC             = QJGC + QJHC + QJSC + QJFC + QJBC $
FRML _GJR D       PQJOC           = ( PQJGC*QJGC+PQJHC*QJHC+PQJSC*QJSC
                  +PQJBC*QJBC+PQJFC*QJFC)/QJOC $
FRML _D           QJZC            = QJTC + QJEC + QJOC $

```

### 3.4.3 Husstandsmodel

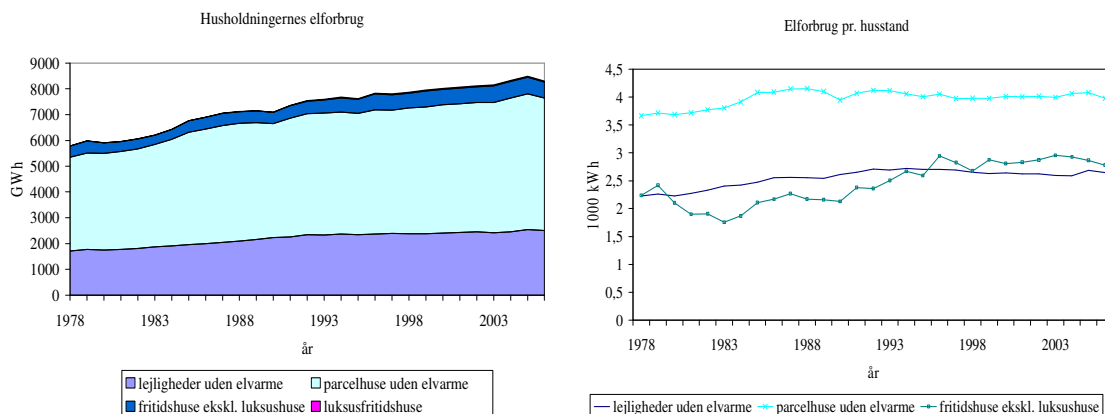
I sidste afsnit blev husholdningernes el-forbrug beskrevet og modelleret ud fra udviklingen i el-forbrugende apparater. I dette afsnit ses der på, hvordan el-forbruget i grupper af husstande udvikler sig. Udgangspunktet er Elforsynings Tiårsstatistik (Elværksstatistikken), der opgør husholdningernes 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 39. 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 39. 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 luksus-fritidshuse 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 luksus-fritidshuse dog en meget beskednen 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 beskedent del af husholdningernes samlede el-forbrug.

**Tabel 16. 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

Anm.:

### 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 (0.54) og tilpasningen er beskrevet ved fejlkorrektionsmodellen (jf. evt. afsnit 2.3.2) beskrevet i eq. (0.55).

$$\log\left(\frac{E_i}{F_i}\right)^* = \alpha_{0i} + \alpha_{1i} \log\left(\frac{C/P_c}{U}\right) + \alpha_{2i} \cdot \log\left(\frac{P_E}{P_C}\right) + \alpha_{3i} \cdot \left(\frac{G}{\bar{G}}\right) + \alpha_{4i} D_{82-88} + \omega_i \cdot t \quad (0.54)^{24}$$

Indeks  $i$  er hhv. lejligheder, parcelhuse og fritidshuse,  $\alpha$ 'erne og  $\omega$  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 $Cpuxh$ )
$D_{82-88}$	Dummy = 1 i 1982-1988 og 0 derefter
$t$	Tid

$$D\log\left(\frac{E_i}{F_i}\right) = \beta_1 D\log\left(\frac{E_i}{F_i}\right)^* - \beta_2 \left[ \log\left(\frac{E_i}{F_i}\right)_{-1} - \log\left(\frac{E_i}{F_i}\right)^*_{-1} \right] + (1 - \beta_1) \alpha_{3i} \Delta D_{82-88} \quad (0.55)$$

<sup>24</sup> Om ligningen formuleres som ligning (0.54) eller med  $(1 - \alpha_{2i}) \cdot \omega_i \cdot t$  påvirker kun niveauet af estimatet på  $\omega_i$

## Estimationsresultater

Estimationsresultater for hhv. parcelhuse, lejligheder og fritidshuse er vist i tabel 17. 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 17 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 fritids-huse 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. Fortolkningmæssigt 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 17. Estimationsresultater for parcelhuse, lejligheder og fritidshuse**

Parameter	Konst.	Indk.	Pris	Gradd.	Dummy	Trend	1. år	Tilpasn.	Spredn.
	$\alpha_{0i}$	$\alpha_{1i}$	$\alpha_{2i}$	$\alpha_{3i}$	$\alpha_{4i}$	$\omega_i$	$\beta_{1i}$	$\beta_{2i}$	$s$
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. førsteårseffekten 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 førsteårseffekter 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 førsteårseffekt 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 førsteårseffekten.

For fritidshusene er det væsentligt at korrigeres 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  $\alpha_{1t}$  til 1.0 og estimere  $\omega_t$  eller at binde  $\omega_t$  til 0,0 og estimere  $\alpha_{1t}$ . I den valgte ligning er  $\alpha_{1t}$  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 (0.56) og estimationsresultater for perioden 1978-2006 er vist i tabel 18. 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.

$$\log(F_t) = \alpha_{i0} + \alpha_{i1} \cdot t \quad (0.56)$$

hvor

$F_t$       Antal parcelhuse og lejligheder, hhv.  
 $t$         Tid

**Tabel 18. Estimerede vækstrater i antal husstande i segmenterne**

	Parcelhuse mv.	Lejligheder
$\alpha_{i0}$	6,3204 (0,0484)	6,0886 (0,0289)
$\alpha_{i1}$	0,008994 (0,000526)	0,007457 (0,000314)
R <sup>2</sup> -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. Elasticiteter, multiplikatoreksperimenter mv. i EMMA

### 4.1 Elasticiteter

I tabel 19 ses de nyeste aggregerede priselasticiteter på lang sigt, hvis der simuleres med den samlede model. Tabellen skal læses som egenpriselasticiteter i diagonalen fra øverste venstre hjørne til nederste højre hjørne. Krydspriselasticiteterne er tilsvarende modsat angivet fra nederste venstre hjørne til øverste højre hjørne. F.eks. er erhvervenes aggregerede egenpriselasticitet for el på lang sigt angivet som -0,15.

**Tabel 19. Priselasticiteter i EMMA**

	Erhverv		Husholdninger
Transportenergi	-0,22		-0,42
	$P_{el}$	$P_{\text{øvrig}}$	
El	-0,15	0,05	-0,31
Øvrige energityper	0,04	-0,15	-0,36

Anm.:  $P_{el}$  står for elprisen og  $P_{\text{øvrig}}$  står for prisen på øvrig energi

Transportenergiens egenpriselasticitet er -0,22 for erhvervene, 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 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).

Elasticiteterne i den *gamle* EMMA vises nedenfor, for oversigtens skyld.

**Tabel 20. Priselasticiteter i EMMA**

	Erhverv		Husholdninger
Transportenergi	-0,16		-0,24
	$P_{el}$	$P_{\text{øvrig}}$	
El	-0,06	0,06	-0,41
Øvrige energityper	0,08	-0,11	-0,37

Anm.:  $P_{el}$  står for elprisen og  $P_{\text{øvrig}}$  står for prisen på øvrig energi



## 5. Multiplikatoreksperimenter

I de foregående kapitler er de enkelte dele af modellen blevet gennemgået isoleret. I dette kapitel beskrives de samlede egenskaber i modellen gennem multiplikatoreksperimenter<sup>25</sup>. Derved får læseren et overblik over de samlede egenskaber i husholdnings-, erhvervs-, transport- og forsyningsmodellen. Vægten i kapitlet ligger på de væsentligste effekter, som modellen skal fange, nemlig hvordan energiefterspørgslen og dens fordeling afhænger af den samlede økonomiske aktivitet og priserne på energiarter. Følgende syv stød udgør multiplikatoreksperimenterne i dette kapitel:

- Hæve den økonomiske aktivitet, erhvervenes produktion, værditilvækst, husholdningernes private forbrug, bilbeholdning og boligbestand (dvs. "aktivitetsvariablerne") med 1%.
- Hæve husholdningernes transportenergi-, elpris og prisen på øvrig energi (=varme) med 1%.
- Hæve erhvervenes transportenergi-, elpris og prisen på øvrig energi med 1%.

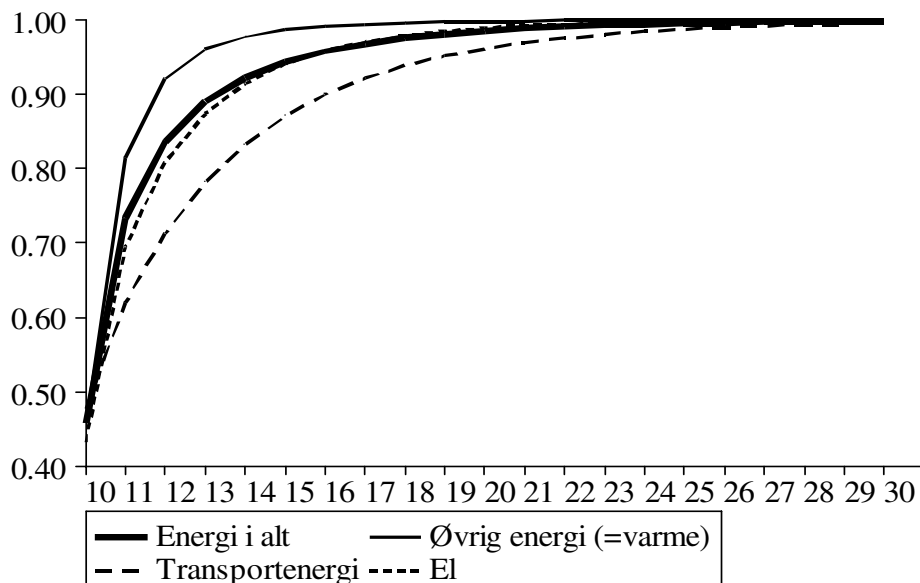
Lav eksperimenter med pco2 (co2-kvoteprisen)

1. Den økonomiske aktivitet hæves med 1%
2. Husholdningernes transportenergi pris hæves med 1%
3. Husholdningernes elpris hæves med 1%
4. Husholdningernes pris på øvrig energi (=varme) hæves med 1%
5. Erhvervenes transportenergi pris hæves med 1%
6. Erhvervenes elpris hæves med 1%
7. Erhvervenes pris på øvrig energi (=varme) hæves med 1%

### 5.1 Stigning i den økonomiske aktivitet

---

<sup>25</sup>Multiplikatoreksperimenter laves ved at lave to forløb eller fremskrivninger med modellen, og derefter se på forskellen mellem disse. I *grundforløbet* er modellen simuleret (løst) for et sæt antagelser om udviklingen i de eksogene variabler ■ dvs. de variabler, der ikke er bestemt i modellen, f.eks. skatter eller verdensmarkedspriser. I *alternativforløbet* ændres forudsætningen om udviklingen i nogle af disse variabler, og modellen simuleres på ny.

**Figur 1 Effekten af 1% stigning i den økonomiske aktivitet**

Anm.: Figuren viser ændringen i det direkte energiforbrug i Joule.

## Bilag 2. 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	Drikkevarerindustri
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 erhvervsejendomme mv.
- qq qq Udlejning undtagen af fast ejendom
- qk qq Databehandlingsvirksomhed bortset fra levering af software m.v.
- qk qq Levering af programmel 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
- qo 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 3. Detaljerede estimationsresultater for erhvervenes forbrug af el og øvrig energi**

I det følgende gengives estimationsresultater for de enkelte EMMA-erhverv. Parametrene  $v_1/v_2$  er førsteårseffekter,  $c_1/c_2$  er fejlkorrektionsparametre,  $w_1/w_2$  er lineære trendparametre, og  $ww_1/ww_2$  er kvadratiske trendparametre. Parameteren  $gradk_2$  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 TSP<sup>26</sup>.

---

<sup>26</sup> TSP er et estimationsprogram til ikke-lineære og flerdimensionelle estimationer.

### B3.1 Landbrug (*al*)

	E11	E12	E1y
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

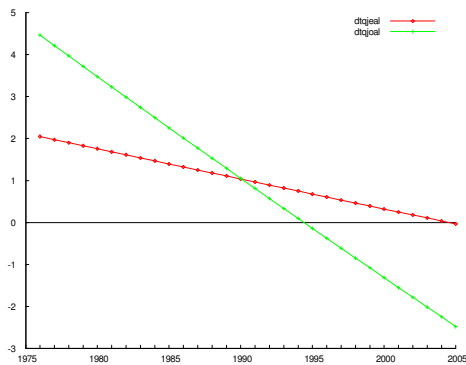
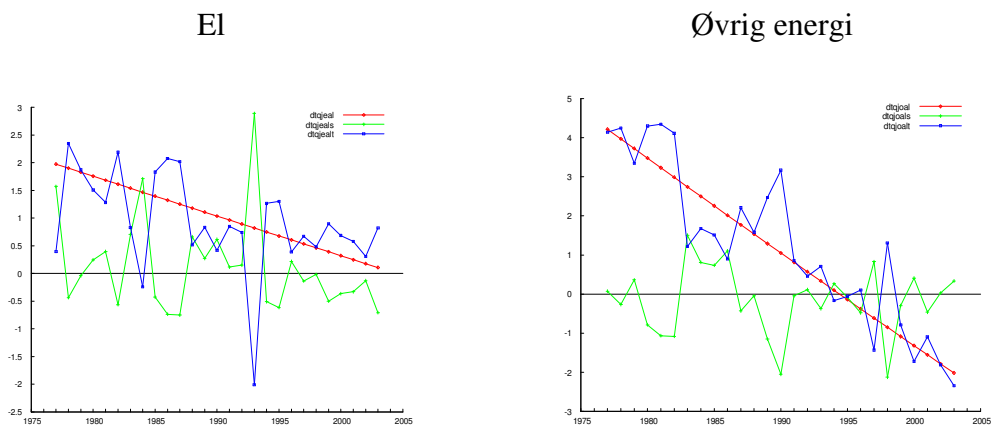
@S 0.028960 0.047992

@DW 1.67633 1.95272

KORR = 0.23642

@LOGL = 109.31374

Parameter	Estimate	Standard		t-statistic	P-value
		Error			
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]

**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  $Y$  ( $E1_Y \approx E2_Y$ ). 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.



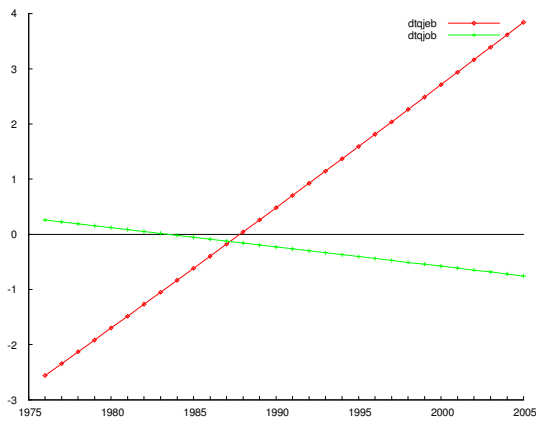
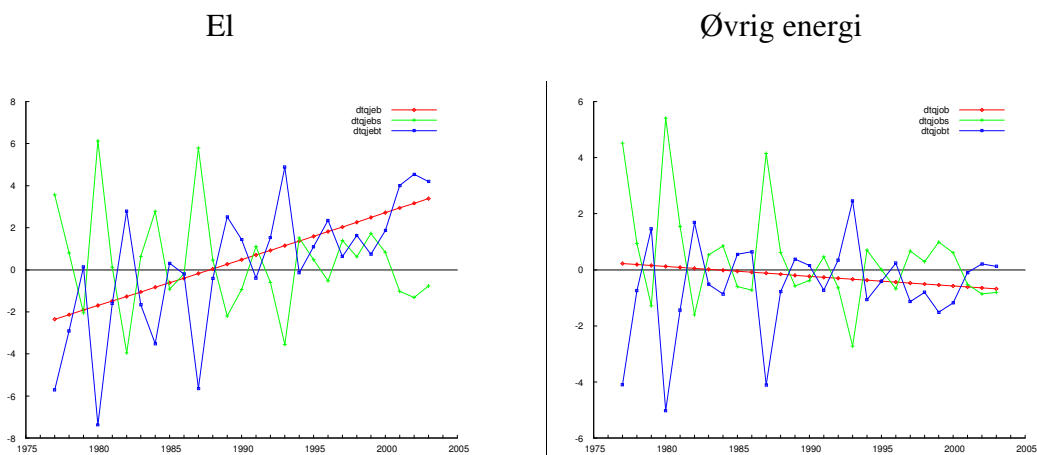
### B3.2 Byggeri (b)

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	E12	Ely
	-0.15785	0.018083	0.13977
Value	E21	E22	E2y
	0.0037982	-0.14357	0.13977
Value	V1	C1	
	0.23732	0.22807	
Value	V2	C2	
	0.63219	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.

### B3.3 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  $\varepsilon_{12}$  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  $\chi^2$ -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

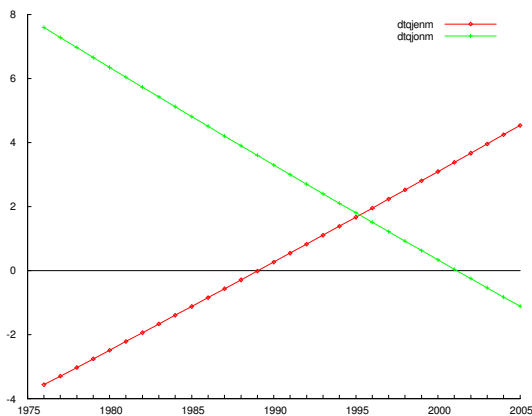
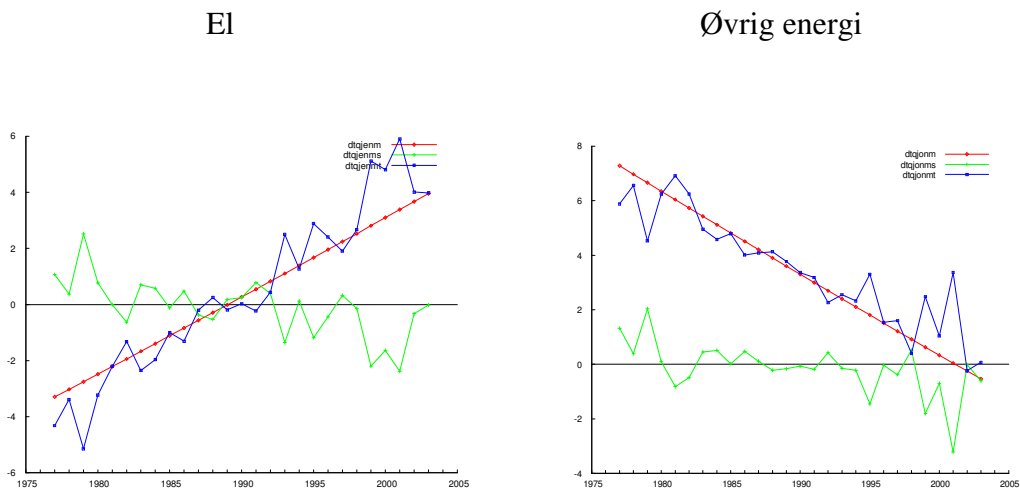
	V2	C2
Value	0.24229	0.30270

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.

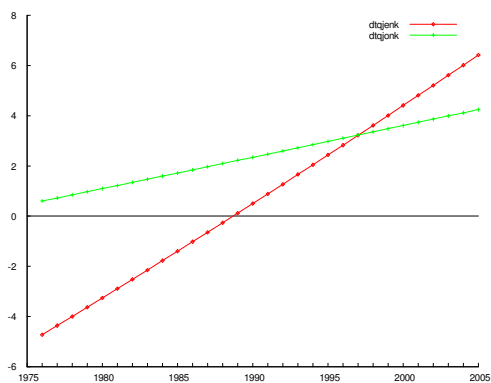
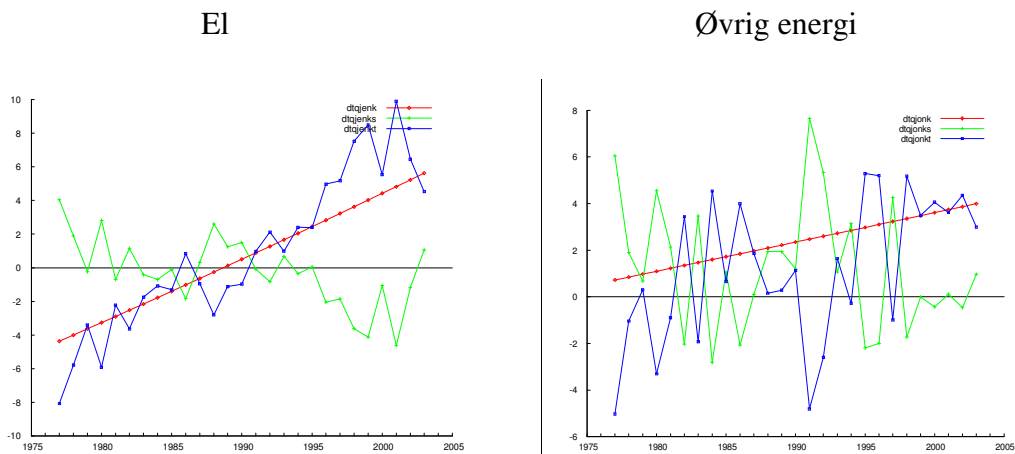
### B3.4 Kemisk industri (*nk*)

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.

### B3.5 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  $\chi^2$ -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

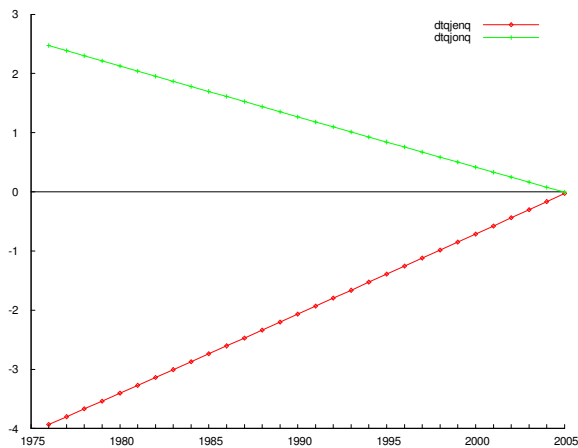
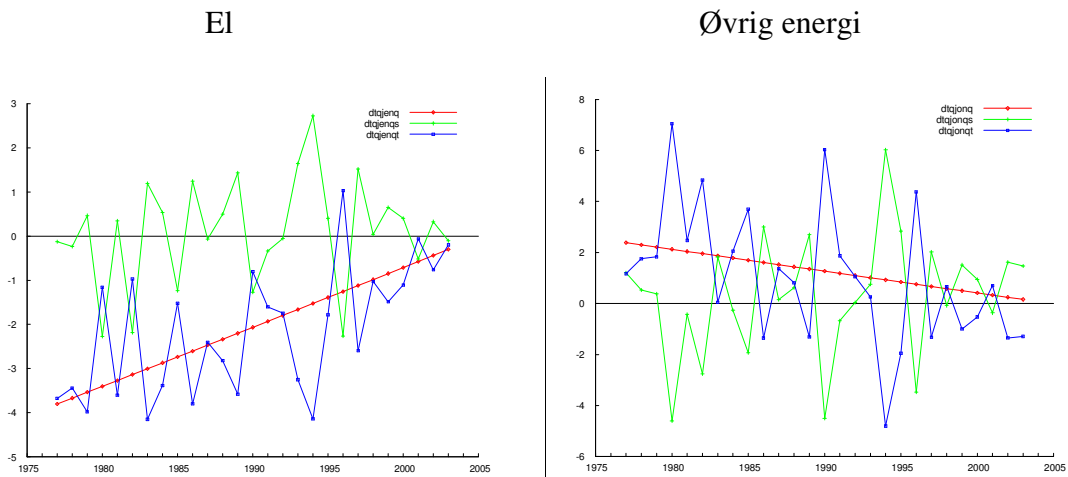
GRADK2 = 0.18117

	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.



### B3.6 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

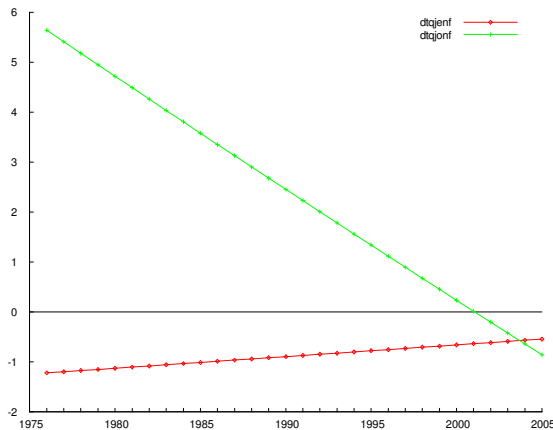
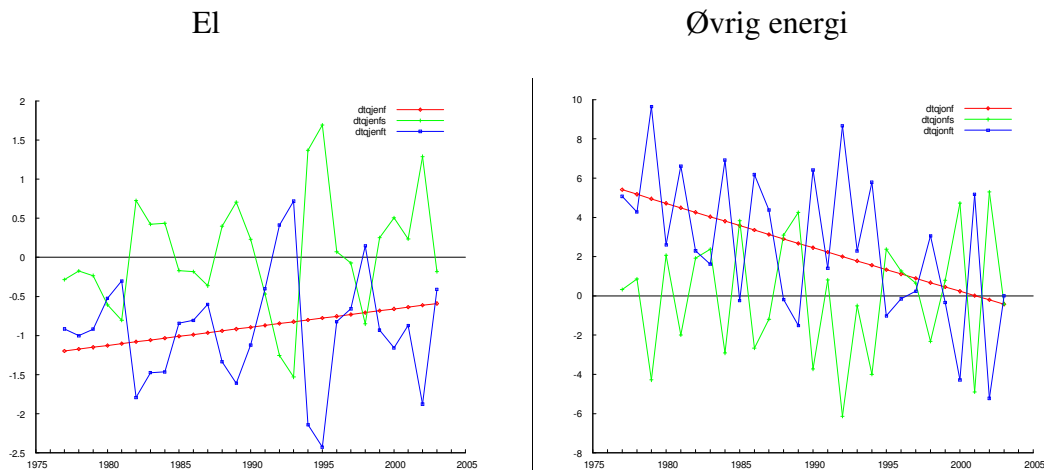
GRADK2 = 0.12743

@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.

### B3.7 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

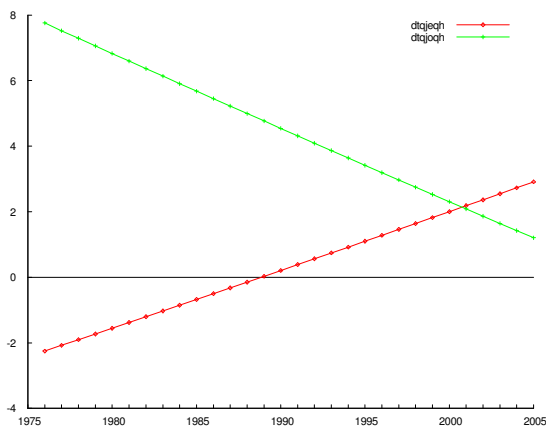
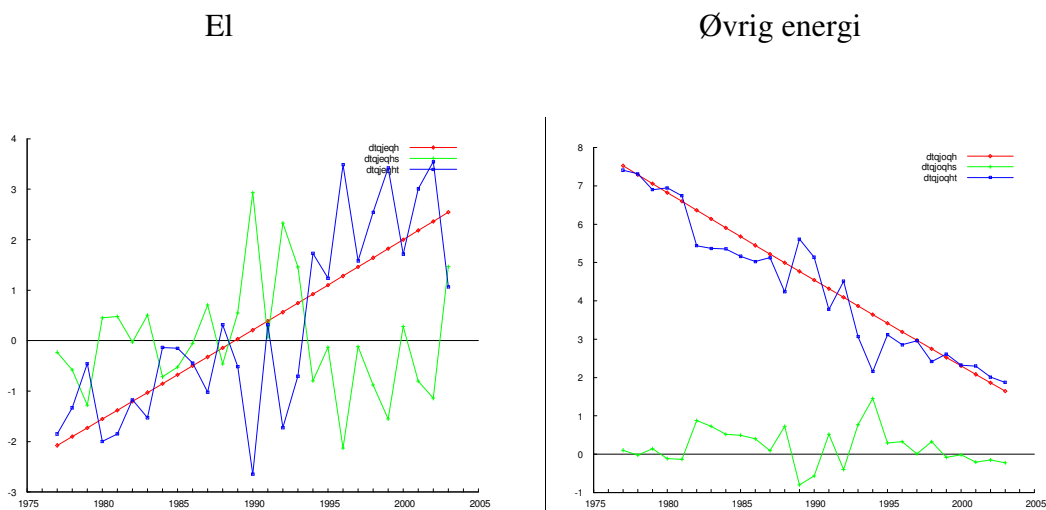
GRADK2 = 0.48901

	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.

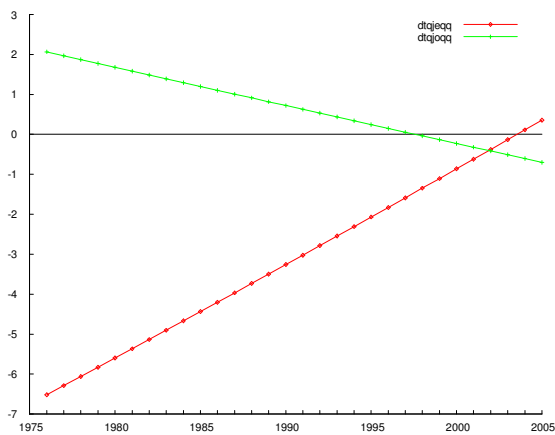
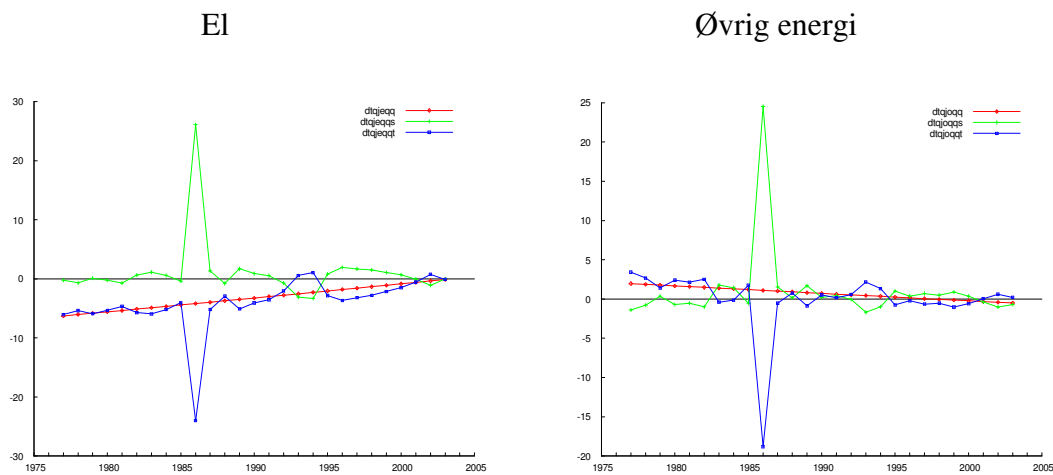
### B3.8 Anden service (*qq*)

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  $Y$  ( $\varepsilon_{1y}$  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 beskeden 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.

### B3.9 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

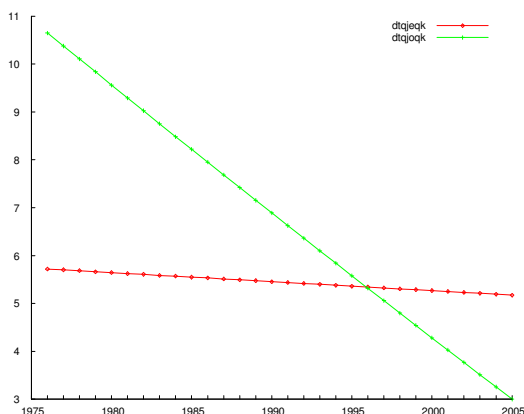
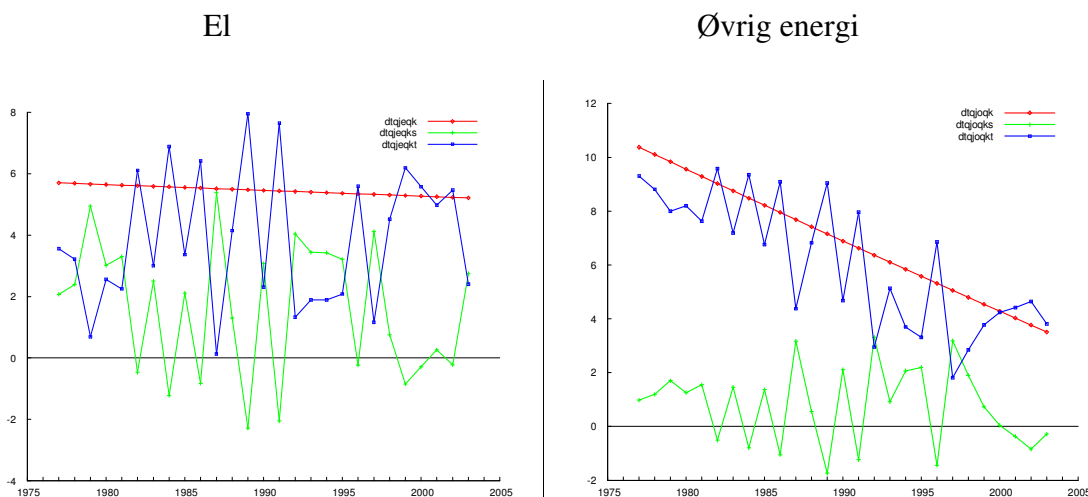
GRADK2 = 0.29652

	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 elkoeficienter er faldet betydeligt, specielt i perioden før år 2000..



### B3.10 Hoteller mv. (qo)

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

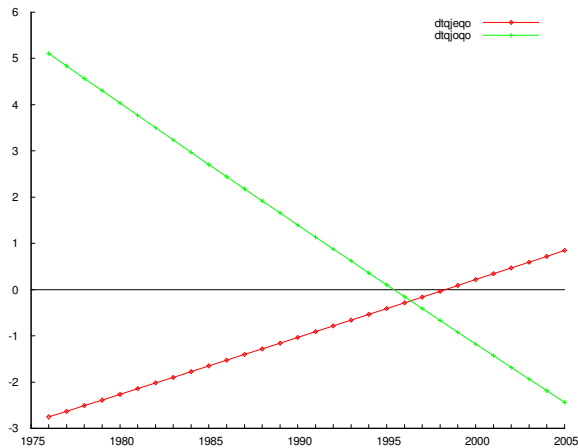
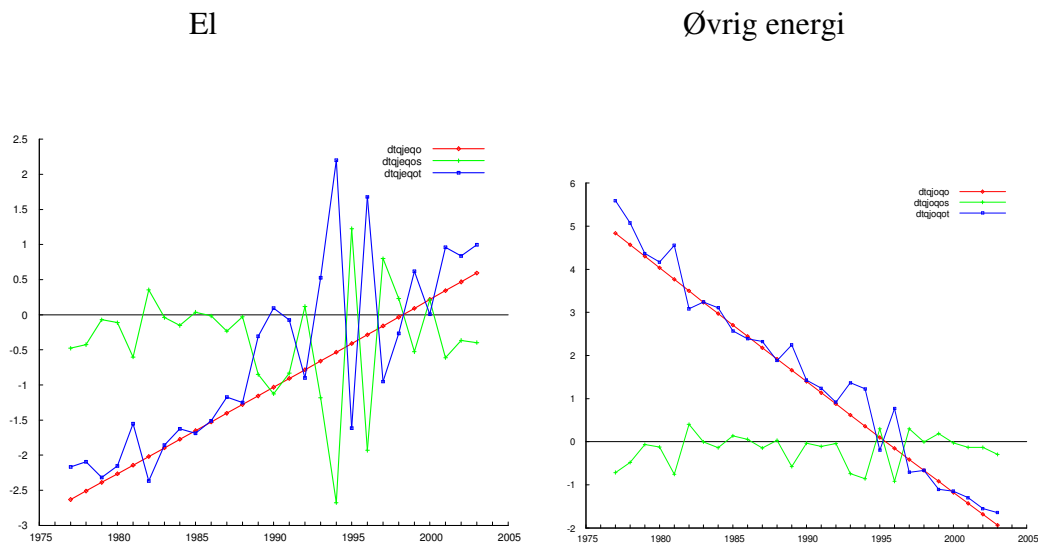
GRADK2 = 0.43130

	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.

### B3.11 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

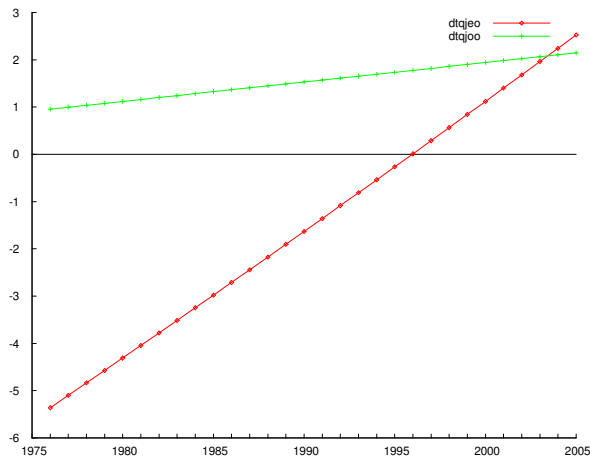
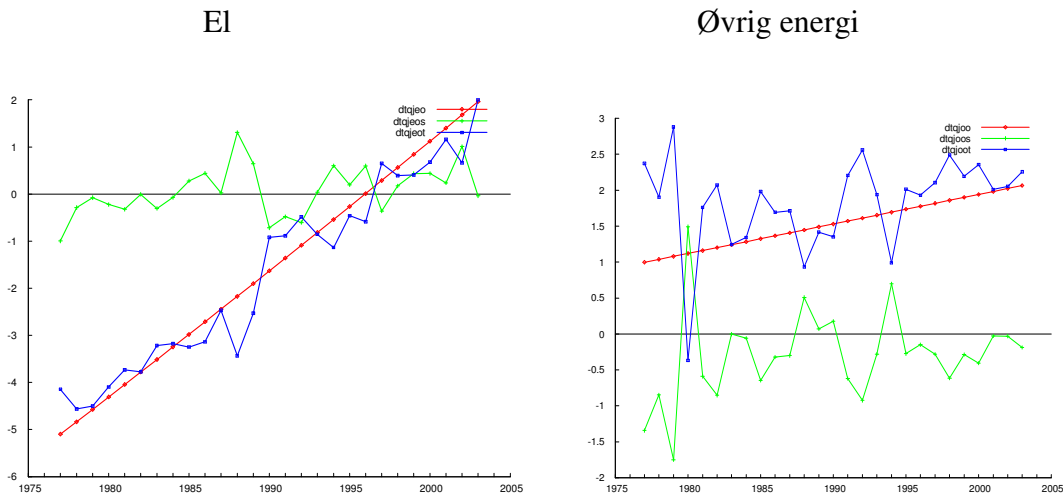
@S 0.049416 0.038188

@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%.

### B3.12 Ligninger

```

()
() Estimerede erhverv
()

frml _D      dlog(dtqjeal) = dlog(dtqjeals) + dlog(dtqjealt) $
frml _D      dlog(dtqjoal) = dlog(dtqjoals) + dlog(dtqjoalt) $
frml _DJRD   log(qJJealw)  = -log(dtqjeal) +log(fXal_emma)
              -0.131312*log(pqjeal/pxal_emma/dtqjeal)
              -0.027046*log(pqjoal/pxal_emma/dtqjoal) -2.64738 $
frml _DJRD   log(qJoalw)   = -log(dtqjoal) +log(fXal_emma)
              -0.027046*bshal*log(pqjeal/pxal_emma/dtqjeal)
              -0.130071*log(pqjoal/pxal_emma/dtqjoal)
              +0.000000*log(graddag) -1.24080 $
frml _SJRJ   Dlog(qJJeal)  =0.528089*dlog(qJJealw) +0.659402*log(qJJealw(-1)/qJJeal(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJoal)   =0.583692*dlog(qJoalw) +0.747399*log(qJoalw(-1)/qJoal(-1))
              + (1-0.583692)*0.000000*Dlog(graddag) $

frml _D      dlog(dtqjenf) = dlog(dtqjenfs) + dlog(dtqjenft) $
frml _D      dlog(dtqjonf) = dlog(dtqjonfs) + dlog(dtqjonft) $
frml _DJRD   log(qJJeanf)  = -log(dtqjenf) +log(fXnf_emma)
              -0.110667*log(pqjenf/pxnf_emma/dtqjenf)
              -0.011507*log(pqjonf/pxnf_emma/dtqjonf) -2.92634 $
frml _DJRD   log(qJonanf)   = -log(dtqjonf) +log(fXnf_emma)
              -0.011507*bshnf*log(pqjenf/pxnf_emma/dtqjenf)
              -0.186254*log(pqjonf/pxnf_emma/dtqjonf)
              +0.127431*log(graddag) -3.17575 $
frml _SJRJ   Dlog(qJJeanf) =0.430364*dlog(qJJeanf) +0.398985*log(qJJeanf(-1)/qJJeanf(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJonanf) =0.421592*dlog(qJonanf) +0.422823*log(qJonanf(-1)/qJonanf(-1))
              + (1-0.421592)*0.127431*Dlog(graddag) $

frml _D      dlog(dtqjenm) = dlog(dtqjenms) + dlog(dtqjenmt) $
frml _D      dlog(dtqjonm) = dlog(dtqjonms) + dlog(dtqjonmt) $
frml _DJRD   log(qJJeamw)  = -log(dtqjenm) +log(fXnm_emma)
              -0.073187*log(pqjenm/pxnm_emma/dtqjenm)
              +0.100000*log(pqjonm/pxnm_emma/dtqjonm) -3.15808 $
frml _DJRD   log(qJonamw)   = -log(dtqjonm) +log(fXnm_emma)
              +0.100000*bshnm*log(pqjenm/pxnm_emma/dtqjenm)
              -0.207727*log(pqjonm/pxnm_emma/dtqjonm)
              +0.407316*log(graddag) -6.38253 $
frml _SJRJ   Dlog(qJJeam)  =0.298957*dlog(qJJeamw) +0.496774*log(qJJeamw(-1)/qJJeam(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJonam)  =0.242290*dlog(qJonamw) +0.302699*log(qJonamw(-1)/qJonam(-1))
              + (1-0.242290)*0.407316*Dlog(graddag) $

frml _D      dlog(dtqjenk) = dlog(dtqjenks) + dlog(dtqjenkt) $
frml _D      dlog(dtqjonk) = dlog(dtqjonks) + dlog(dtqjonkt) $
frml _DJRD   log(qJJeankw)  = -log(dtqjenk) +log(fXnk_emma)
              +0.000000*log(pqjenk/pxnk_emma/dtqjenk)
              +0.000000*log(pqjonk/pxnk_emma/dtqjonk) -2.50009 $
frml _DJRD   log(qJonankw)  = -log(dtqjonk) +log(fXnk_emma)
              +0.000000*bshnk*log(pqjenk/pxnk_emma/dtqjenk)
              +0.000000*log(pqjonk/pxnk_emma/dtqjonk)
              +0.152257*log(graddag) -3.32773 $
frml _SJRJ   Dlog(qJJeank) =0.074402*dlog(qJJeankw) +0.268482*log(qJJeankw(-1)/qJJeank(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJonank) =0.465587*dlog(qJonankw) +0.314328*log(qJonankw(-1)/qJonank(-1))
              + (1-0.465587)*0.152257*Dlog(graddag) $

frml _D      dlog(dtqjenq) = dlog(dtqjenqs) + dlog(dtqjenqt) $
frml _D      dlog(dtqjonq) = dlog(dtqjonqs) + dlog(dtqjonqt) $
frml _DJRD   log(qJJeinqw)  = -log(dtqjenq) +log(fXnq_emma)
              -0.237422*log(pqjenq/pxnq_emma/dtqjenq)
              +0.100000*log(pqjonq/pxnq_emma/dtqjonq) -2.87936 $
frml _DJRD   log(qJoninqw)  = -log(dtqjonq) +log(fXnq_emma)
              +0.100000*bshnq*log(pqjenq/pxnq_emma/dtqjenq)
              -0.194853*log(pqjonq/pxnq_emma/dtqjonq)
              +0.181167*log(graddag) -3.56662 $
frml _SJRJ   Dlog(qJJeinq) =0.181984*dlog(qJJeinqw) +0.505345*log(qJJeinqw(-1)/qJJeinq(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJoninq) =0.407977*dlog(qJoninqw) +0.385356*log(qJoninqw(-1)/qJoninq(-1))
              + (1-0.407977)*0.181167*Dlog(graddag) $

```

```

frml _D      dlog(dtqjeb) = dlog(dtqjebes) + dlog(dtqjebt) $
frml _D      dlog(dtqjob) = dlog(dtqjobs) + dlog(dtqjobt) $
frml _DJRD   log(qJebw)   = -log(dtqjeb) +log(fXb_emma)
                -0.157854*log(pqjeb/pxb_emma/dtqjeb)
                +0.018083*log(pqjob/pxb_emma/dtqjob) -5.36243 $
frml _DJRD   log(qJobw)   = -log(dtqjob) +log(fXb_emma)
                +0.018083*bshb*log(pqjeb/pxb_emma/dtqjeb)
                + (-0.018083*bshb-0.157854+0.018083)*log(pqjob/pxb_emma/dtqjob)
                +0.638913*log(graddag) -8.77635 $
frml _SJRJ   Dlog(qJeb)   =0.237321*dlog(qJebw) +0.228071*log(qJebw(-1)/qJeb(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJob)   =0.632191*dlog(qJobw) +0.628446*log(qJobw(-1)/qJob(-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(pqjeqh/pxqh_emma/dtqjeqh)
                +0.000000*log(pqjoqh/pxqh_emma/dtqjoqh) -3.09011 $
frml _DJRD   log(qJoqhw)   = -log(dtqjoqh) +log(fXqh_emma)
                +0.000000*bshqh*log(pqjeqh/pxqh_emma/dtqjeqh)
                +0.000000*log(pqjoqh/pxqh_emma/dtqjoqh)
                +0.489011*log(graddag) -6.91995 $
frml _SJRJ   Dlog(qJeqh)   =0.388478*dlog(qJeqhw) +0.373890*log(qJeqhw(-1)/qJeqh(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJoqh)   =0.868189*dlog(qJoqhw) +1.02433*log(qJoqhw(-1)/qJoqh(-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(pqjeqk/pxqk_emma/dtqjeqk)
                -0.077211*log(pqjoqk/pxqk_emma/dtqjoqk) -4.96115 $
frml _DJRD   log(qJoqkw)   = -log(dtqjoqk) +log(fXqk_emma)
                -0.077211*bshqk*log(pqjeqk/pxqk_emma/dtqjeqk)
                +(-(-0.077211)*bshqk-0.123200-
                0.077211)*log(pqjoqk/pxqk_emma/dtqjoqk)
                +0.296523*log(graddag) -6.90707 $
frml _SJRJ   Dlog(qJeqk)   =0.256990*dlog(qJeqkw) +0.267914*log(qJeqkw(-1)/qJeqk(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJoqk)   =0.361055*dlog(qJoqkw) +0.777843*log(qJoqkw(-1)/qJoqk(-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(pqjeqo/pxqo_emma/dtqjeqo)
                +0.042367*log(pqjoqo/pxqo_emma/dtqjoqo) -3.26317 $
frml _DJRD   log(qJoqow)   = -log(dtqjoqo) +log(fXqo_emma)
                +0.042367*bshqo*log(pqjeqo/pxqo_emma/dtqjeqo)
                -0.070630*log(pqjoqo/pxqo_emma/dtqjoqo)
                +0.431300*log(graddag) -5.93303 $
frml _SJRJ   Dlog(qJeqo)   =0.508948*dlog(qJeqow) +1.08178*log(qJeqow(-1)/qJeqo(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJoqo)   =0.442383*dlog(qJoqow) +0.950416*log(qJoqow(-1)/qJoqo(-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(pqjeqq/pxqq_emma/dtqjeqq)
                +0.064835*log(pqjoqq/pxqq_emma/dtqjoqq) -4.75754 $
frml _DJRD   log(qJoqqw)   = -log(dtqjoqq) +log(fXqq_emma)
                +0.064835*bshqq*log(pqjeqq/pxqq_emma/dtqjeqq)
                -0.199692*log(pqjoqq/pxqq_emma/dtqjoqq)
                +0.447486*log(graddag) -7.46956 $
frml _SJRJ   Dlog(qJeqq)   =0.577247*dlog(qJeqqw) +0.708130*log(qJeqqw(-1)/qJeqq(-1)) $
frml _SJRJ   Dlog(qJoqq)   =0.710647*dlog(qJoqqw) +0.919109*log(qJoqqw(-1)/qJoqq(-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(pqjeo/pxo_emma/dtqjeo)
                +0.205991*log(pqjoo/pxo_emma/dtqjoo) -3.61708 $
frml _DJRD   log(qJoow)    = -log(dtqjoo) +log(fXo_emma)

```

```

+0.205991*bsho*log(pqjeo/pxo_emma/dtqjeo)
-0.304978*log(pqjoo/pxo_emma/dtqjoo)
+0.207873*log(graddag) -5.01508 $
frml _SJR Dlog(qJeo) =0.518318*dlog(qJeow) +0.919000*log(qJeow(-1)/qJeo(-1)) $
frml _SJR Dlog(qJoo) =0.515694*dlog(qJoow) +0.798036*log(qJoow(-1)/qJoo(-1))
+ (1-0.515694)*0.207873*Dlog(graddag) $

```