

RAPPORTER

84/2

**ENERGISUBSTITUSJON I
NÆRINGSSEKTORENE I EN
MAKROMODELL**

AV
TORSTEIN BYE

STATISTISK SENTRALBYRÅ
CENTRAL BUREAU OF STATISTICS OF NORWAY

RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ 84/2

ENERGISUBSTITUSJON I NÆRINGSSEKTORENE I EN MAKROMODELL

AV
TORSTEIN BYE

STATISTISK SENTRALBYRÅ
OSLO — KONGSVINGER 1984

ISBN 82-537-2042-4
ISSN 0332-8422

EMNEGRUPPE

Økonomisk og statistisk teori og analyse

ANDRE EMNEORD

Energi

Makromodeller

FORORD

I de siste årene har energivaresubstitusjon fått en betydelig plass innenfor makroøkonomisk modellbygging ved utvikling av den langsiktige likevektsmodellen MSG-4E. Samtidig har man en erkjennelse av at det eksisterer betydelige tregheter i tilpassingen av energivarer på kort sikt. I denne rapporten etableres et testopplegg for å finne den relasjon som beskriver tregheten i tilpassingen best mulig.

Etter at MSG-4E ble estimert på data fram til 1978 har forholdet mellom prisen på elektrisitet og olje endret seg betydelig. I denne rapporten blir funksjonene reestimert på data fram til 1981. Resultatene fra disse funksjonene sammenlignes med resultatene fra lagfunksjonene. Resultatene implementeres i MSG-4E.

Statistisk Sentralbyrå, Oslo 7. mars 1984

Arne Øien

Innhold

	Side
1. Innledning	7
2. Produksjonstilpasning i MSG-4E	7
3. Etterspørsel etter energi i en separabel teknologi	8
4. Avledninger av CES-produktfunksjon	
4.1 Etterspørselsfunksjoner avledet av en CES-produktfunksjon	11
4.2 Tregheter i tilpasningen	13
4.3 Stokastisk utforming	14
4.4 Testing av "beste" relasjon	16
5. GL-funksjoner	18
6. Data	19
6.1 Industrien	19
6.2 Tjenesteyting	20
6.3 Primærnæringene	20
6.4 Tidsperiode	20
7. Noen hovedresultater	20
7.1 CESTEST i industrisektorene	20
7.2 Problemsektorer i industrien	22
7.3 Hovedresultater fra estimeringene for industrien	26
7.4 Hovedresultater fra estimeringene av primær- og tjenesteytende sektorer	31
Vedlegg: -	
1. Ligningssett CESTEST	39
Litteraturliste	45
Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå (RAPP)	46

1. INNLEDNING

I arbeidet med den makroøkonomiske modellen MSG-4E har et viktig spørsmål vært hvordan produsentene tilpasser sammensetningen av olje- og elektrisitetsforbruket. Et av temaene har vært hvor stor tregheten er i denne tilpasningen, et annet har vært hvorvidt de siste år med en stor endring i det relative prisforhold mellom energibærerne eventuelt har forandret tilpasningsadferden. I denne rapporten forsøkes det første spørsmålet besvart ved å utteste ulike relasjoner for substitusjonen mellom olje og elektrisitet med forskjellige typer lagstrukturer. Det andre spørsmålet besvares indirekte ved at en i denne undersøkelsen bruker et datamateriale for årene 1962-1981. Disse resultater kan sammenlignes med resultater fra estimeringsgrunnlag 1962-1978 i den nåværende MSG-versjonen. En gjennomgang av tidligere analyser på energifeltet finnes i Blaalid og Olsen (1978).

I kapittel 2 beskrives i korthet produksjonsstrukturen i MSG-4E og de betingelser som må være oppfylt for å kunne behandle substitusjonen mellom energibærerne som en separabel blokk i modellen.

Kapittel 3 gir en generell beskrivelse av en produktfunksjon, den duale kostnadsfunksjon og de avledede etterspørselsfunksjonene med tilhørende substitusjons- og priselastisiteter.

I kapittel 4 tas det utgangspunkt i en CES-produktfunksjon (Constant elasticity of substitution), og deretter utledes avledede etterspørselsfunksjoner med ulike typer lagstrukturer. Det etableres også et testskjema for uttesting av nestede hypoteser. På dette grunnlag kan en så velge den "beste" relasjon og dermed si noe om lagstrukturen.

Kapittel 5 gir en presentasjon av GL-kostnadsfunksjonene (Generalized Leontief) i MSG-4E, mens kapittel 6 gir en kort beskrivelse av det datagrunnlag som blir benyttet ved estimeringen av de ulike funksjonene. I denne sammenheng drøftes også kvaliteten av datamaterialet og de alternativer som finnes.

I kapittel 7 omtales så resultatene fra estimeringen av CES-funksjoner med og uten lag og GL-funksjonen for hver sektor. På grunnlag av testskjema i kap. 4 vises det hvilken relasjon som er den "beste" m.h.p. utforming av lagstruktur og resultatene for GL-funksjonen sammenlignes med de som for tiden gjelder for MSG-4E.

2. PRODUKSJONSTILPASNING I MSG-4E (MULTY-SECTORAL-GROWTH MODEL)

Den siste versjonen av MSG-modellen, MSG-4E¹, er utviklet spesielt for å kunne studere langtidssammenhengene mellom økonomisk vekst og energiproduksjon og bruk. Spesifikasjonen av produksjonsstruktur og produksjonsadferd for næringssektorer er hovedsakelig bygget opp omkring nyklassisk produksjonsteori², formalisert ved Generaliserte Leontief kostnadsfunksjoner og Hicksnøytral teknisk endring. Modellen har 27 produksjonssektorer for bedrifter og 5 sektorer for offentlig forvaltning. Produksjonsmodellen innebærer at det er substitusjon mellom de fire aggregerte innsatsfaktorene realkapital (K), arbeidskraft (L), energi (U) og annen vareinnsats (M). Det er forutsatt at produktfunksjonen er svak separabel i de spesifiserte innsatsfaktorene. Innenfor hvert aggregat er det antatt faste koeffisienter mellom de enkelte innsatsfaktorer. Innenfor energiaggregatet er det imidlertid forutsatt substitusjonsmuligheter mellom innsatsfaktorene elektrisitet (E) og olje (F). Innsatsfaktorene elektrisitet og olje substitueres således mot de andre innsatsfaktorene K, L og M via energiaggregatet U. Denne måten å behandle substitusjon mellom energivarer og mellom energivarene og andre innsatsfaktorer på, reduserer det antall koeffisienter som må estimeres i forhold til om alle faktorer skulle stå i et substitusjonsforhold til hverandre³).

¹ Bjerkholt et.al. (1983). ² Longva og Olsen (1983a). ³ Fuss (1977), Pindyck (1979).

Produktfunksjonen for en sektor kan nå skrives:

$$(2.1) \quad X = F(K, L, M, g(E, F))$$

der X er produksjonen.

Forutsatt at produktfunksjonen $g(E, F)$ er homotetisk kan produsenten oppnå den optimale faktorkombinasjon ved først å optimere sammensetningen av E og F på grunnlag av PE (pris elektrisitet) og PF (pris olje) og deretter optimere sammensetningen av K , L , M og U . Ved estimeringen er det antatt at g -funksjonene er lineært homogene.

Nyklassisk produksjonsteori kan enten representeres ved produktfunksjon og nødvendige forutsetninger om prisadferd og kostnadsminimalisering eller direkte ved å spesifisere den duale kostnadsfunksjonen.¹⁾ Etterspørselsfunksjonene kan i det siste tilfelle utledes som de førstederiverte av kostnadsfunksjonene m.h.p. de respektive prisene.²⁾

Når en produktfunksjon er lineært homogen i et sett av separable input og hver av funksjonene for de aggregerte input er lineært homogene, så er den duale kostnadsfunksjon separabel i de korresponderende prisene.³⁾

Den duale kostnadsfunksjon blir nå:

$$(2.2) \quad C_X = H(X) \cdot G(P_K, P_N, P_M, P_U(PE, PF))$$

der

$$(2.3) \quad P_U = P_U(PE, PF)$$

og P_K , P_N , P_M , P_E , P_F er prisindekser for de respektive aktiviteter. P_U er en dual enhetskostnadsfunksjon til en energiproduktfunksjon med elektrisitet og olje som innsatsfaktorer. I denne rapporten er det 2.3 vi skal se nærmere på.

3. ETTERSPORSEL ETTER ENERGI I EN SEPARABEL TEKNOLOGI

I dette kapittel vil det med utgangspunkt i en generell produktfunksjon bli utledet etterspørselsfunksjoner for energivarene elektrisitet og olje samt substitusjonselastisiteter og priselastisiteter for de samme varene. Utgangspunktet er at de to varene elektrisitet (E_j) og olje (F_j) står i et substitusjonsforhold til hverandre ved "produksjon" av energi (U_j) i sektor j . Energi oppfattes her som den innsatsfaktoren sektorene etterspør sammen med arbeidskraft, kapital og annen vareinnsats (jfr. kap. 2).

Vi antar at vår produktfunksjon for energi kan skrives på formen

$$(3.1) \quad U_j = g_j(E_j, F_j)$$

Produktfunksjonen antas å være linær homogen⁴⁾. I tillegg vil vi anta at "produsenten" vil forsøke å minimere kostnadene (C_j) ved produksjon av en gitt mengde U_j . Vi har

$$(3.2) \quad C_j = C_j^*(PE_j, PF_j; U_j) = \min_{E_j, F_j} \{PE_j \cdot E_j + PF_j \cdot F_j; U_j < g_j(E_j, F_j)\}$$

¹ Diewert (1971), Uzawa (1964), Varian (1978). ² Dette kalles Shephards lemma. Shephard (1953).

³ Berndt og Christensen (1973). ⁴ I tilknytning til dette arbeidet er det blitt foretatt en del tester av antagelsen om homogen separabilitet. Resultatene fra disse testene er beskrevet i Frenger (1984).

Kostnadene er altså en funksjon av prisene på innsatsfaktorene gitt nivået på den totale energiinnsatsen. Som følge av forutsetningen om at produktfunksjonen er lineær homogen, kan vi skrive:

$$(3.3) \quad C_j = U_j \cdot c_j(PE_j, PF_j)$$

Dermed får vi et uttrykk for prisen (PU_j) på energi ved å se på enhetskostnadsfunksjonen (jfr. 2.3).

$$(3.4) \quad PU_j = \frac{C_j}{U_j} = c_j(PE_j, PF_j)$$

Vi ser at det eksisterer klare sammenhenger mellom kostnadsfunksjonen og egenskaper ved produktfunksjonen. Kostnadsfunksjonen (3.3) sier vi er den duale funksjon til 3.1. [Diewert (1971), Uzawa (1964) og Varian (1978)].

Av dualitetsteorien følger det at kostnadsfunksjonen (3.3) er en ikke-avtakende funksjon av produktmengde og faktorpriser, samt at funksjonen er konkav. Ifølge Shephards Lemma er da de første ordens deriverte av kostnadsfunksjonen med hensyn på faktorprisene lik de respektive etterspørselsfunksjonene. Etter dette har vi:

$$(3.5) \quad E_j = U_j \frac{\partial c_j(PE_j, PF_j)}{\partial PE_j}$$

$$(3.6) \quad F_j = U_j \cdot \frac{\partial c_j(PE_j, PF_j)}{\partial PF_j}$$

Etterspørselsfunksjonene blir her homogene av grad null i prisene. Et problem ved estimeringen av disse etterspørselsfunksjonene er at total energi er en ikke-observerbar variabel. Det finnes alternative måter å løse dette problemet på. Her skal vi se på to av dem. Vi vil først se på forholdet mellom de to etterspørselsfunksjonene:

$$(3.7) \quad \frac{E_j}{F_j} = \frac{\partial C_j(PE_j, PF_j) / \partial PE_j}{\partial C_j(PE_j, PF_j) / \partial PF_j}$$

Da faller altså den ikke-observerbare variable bort og vi beholder beskrivelsen av substitusjonsegenskapene. Alternativt kan en velge å benytte kostnadsandelsformen:

$$(3.8) \quad SE_j = \frac{PE_j \cdot \partial C_j(PE_j, PF_j)}{PU_j}$$

$$(3.9) \quad SF_j = \frac{PF_j \cdot \partial C_j(PE_j, PF_j)}{PU_j}$$

I begge tilfelle blir $\frac{E_j}{F_j}$, eller SE_j og SF_j funksjoner av prisforholdet $\frac{P_E}{P_F}$, mens de ukjente

variable U_j faller bort.

Ved stokastisk utforming av (3.8)-(3.9) får en én singular restleddsmatrise ved at både observert og estimert sum av kostnadsandelene er lik én. Den vanlige løsningen på dette er å utelate en av relasjonene ved estimeringen.

Det er vanlig å beskrive substitusjonsforholdet mellom to faktorer ved hjelp av Allen substitusjonselastisiteter. Ifølge Uzawa (1962) kan disse uttrykkes:

$$(3.10) \quad \sigma_j = \frac{\partial^2 C_j}{\partial PE_j \cdot \partial PF_j} \cdot \frac{C_j}{E_j \cdot F_j}$$

Det finnes et enkelt forhold mellom substitusjonselastisitetene og de respektive priselastisitetene:

$$(3.11) \quad \eta_{EF_j} = \frac{\partial E_j}{\partial PF_j} \cdot \frac{PF_j}{E_j} = \sigma_j \cdot SF_j \quad \text{der } SF_j = \frac{PF_j \cdot F_j}{PE_j \cdot E_j + PF_j \cdot F_j}$$

$$(3.12) \quad \eta_{FE_j} = \frac{\partial F_j}{\partial PE_j} \cdot \frac{PE_j}{F_j} = \sigma_j \cdot SE_j \quad \text{der } SE_j = \frac{PE_j \cdot E_j}{PE_j \cdot E_j + PF_j \cdot F_j}$$

Priselastisitetene er funksjoner av de annenderiverte av kostnadsfunksjonene og følgelig en funksjon av substitusjonselastisiteten som generelt vil være en funksjon av prisene. På grunn av de forutsatte homogenitetsegenskapene har vi:

$$(3.13) \quad \frac{\partial E_j}{\partial PE_j} \cdot PE_j + \frac{\partial E_j}{\partial PF_j} \cdot PF_j = 0$$

som medfører:

$$(3.14) \quad \eta_{EE_j} = -\eta_{EF_j}$$

$$(3.15) \quad \eta_{FF_j} = -\eta_{FE_j}$$

I vår modell tolkes disse elastisitetene som bruttoelastisiteter¹, dvs. elastisiteter gitt at total energi er konstant. Nettoelastisitetene som framkommer som følge av at skalaen (den optimale energiinnsats substitueres mot kapital, arbeidskraft og vareinnsats) også endres, framkommer først ved estimering av øvre blokk i MSG-modellen. Ved en endring i en av energivareprisene vil vi ha følgende virkninger:

- i) Sammensetningen av energivarene endres. Priselastisiteten er bruttoelastisiteter.
- ii) Pris på total energi vil endres.
- iii) Sammensetningen av arbeidskraft, kapital, vareinnsats og energi vil endres. Vi får en "skala"-endring i forbruk av energi. Priselastisitetene er nettoelastisiteter².
- iv) Enhetskostnaden for produktet og dermed prisen endres. Vi får en skalatilpasning av produktet, som igjen påvirker skalaen av energiinnsatsen. Priselastisiteten er totalelastisiteten³.

I denne rapporten konsentreres innsatsen om å beskrive i). Når det derfor er snakk om priselastisiteter menes det bruttoelastisiteter.

4. AVLEDNINGER AV CES-PRODUKTFUNKSJON⁴

4.1. Etterspørselsfunksjoner avledet av en CES-produktfunksjon

I kapittel 2 forutsatte vi at produktfunksjonen (2.1) var homogen separabel. Dette medfører at valg av funksjonsform på (3.1) (på øvre trinn) alternativt (3.2) er uavhengig av valg av funksjonsform på (2.1) (på nedre trinn). I dette kapitlet vil vi ta utgangspunkt i en C.E.S. (Constant Elasticity of Substitution) funksjon⁵. Valget av funksjonsform skyldes at det, med grunnlag i denne funksjonen, er mulig å få enkle økonomiske relasjoner ved implementering av ulike typer treggheter i tilpasningen. CES-funksjonen med to innsatsfaktorer representerer også en annenordens tilnærming til en arbitrær homogen funksjon, men med restriksjon at substitusjonelastisiteten er konstant.

$$(4.1.1) \quad U_j = \delta_j \frac{F_j}{\delta_j} P_j + (1-\delta_j) \frac{E_j}{(1-\delta_j)} P_j - \frac{1}{P_j}$$

¹ Berndt and Wood (1978). ² Longva og Olsen (1983b) (p. 58). ³ Longva, Olsen og Rinde (1983b).

⁴ Dette kapitlet bygger på metoder fra P. Frenger (1980). ⁵ Denne funksjon er også benyttet i Stølen (1979).

der δ_j er en fordelingsparameter (representerer andelene som brukes av de to energibærerene) og ρ er en substitusjonsparameter. Substitusjonselastisiteten definert ved (3.10) kan uttrykkes ved substitusjonsparameteren ved $\sigma_j = 1/(1+\rho_j)$. Den duale kostnadsfunksjon tilsvarende (3.3) blir

$$(4.1.2.) \quad C_j = U_j \cdot [\delta_j (P_{F_j})^{1-\sigma_j} + (1-\delta_j)(P_{E_j})^{1-\sigma_j}]^{\frac{1}{1-\sigma_j}}$$

Etterspørselsfunksjonene fåes ved å derivere kostnadsfunksjonen mhp. de respektive prisene og vi kan deretter vise at (jfr. (3.7))

$$(4.1.3.) \quad \left(\frac{E}{F} \right)_j = \frac{1-\delta_j}{\delta_j} \left[\frac{PE}{PF} \right]_j^{-\sigma_j}$$

Setter vi denne på logaritmisk form får vi en enklere relasjon å estimere.

$$(4.1.4.) \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_j = c_j - \sigma_j \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_j \quad \text{der } c_j = \ln\left[\frac{1-\delta_j}{\delta_j}\right]$$

Vår hypotese her blir altså at fordelingen av det totale energiforbruket i en sektor på elektrisitet og olje er bestemt av det relative prisforhold mellom energibærerene. Dette må oppfattes som en langsiktig statisk beskrivelse av tilpasningen. På kort sikt er det mange faktorer som kan legge en beskrankning på tilpasningsmulighetene. Ved store endringer i de relative priser vil substitusjonen være betinget av nyinvesteringer i det energiforbrukende system som det ofte vil ta flere år å gjennomføre. Ved etablering av nye bedrifter og investeringer i nytt produksjonsutstyr vil usikkerhet mhp. utviklingen i de relative priser for energibærerene kunne spille en stor rolle for valg av teknologi. Når de reelle prisforskjellene er store er det en tendens til å satse på ett energibærende system med påfølgende små substitusjonsmuligheter. Når de reelle prisforskjeller er små, satses det gjerne på stor fleksibilitet i systemet. Dette kunne det ha vært tatt hensyn til om en hadde innført tilpasning under usikkerhet eksplisitt i produkt- eller kostnadsfunksjonen (Fuss and Mc. Fadden (1978)). Senere i dette kapitlet vil vi komme tilbake til modifiseringer av modellen, som tar noe hensyn til at genereringen av årsdataene sannsynligvis er en funksjon av tregheter i tilpasningen.

I løpet av de siste 10-20 årene har det foregått en betydelig substitusjon fra bruk av olje til bruk av elektrisitet i industrien, bortsett fra for sektoren kjemiske råvarer (ved bedrifter som Rafsnes der olje inngår som råvare og ikke til å produsere energi). Hvis substitusjonen i framtida går i samme retning (på grunn av økte oljepriser relativt til elektrisitetsprisene) skulle an anta at substitusjonselastisiteten avtar med substitusjonspotensialet. På den annen side foregår det en stor teknologisk endring som antakelig vil endre substitusjonsmulighetene i motsatt retning.

4.2. Tregheter i tilpasningen

Etterspørselsfunksjonene 3.5 og 3.6 beskriver en langsiktig likevektsløsning. Som påpekt er det på kort sikt flere faktorer som kan gjøre at en ikke nødvendigvis vil befinne seg i en slik likevekt som modellene beskriver. Dette kan implementeres i modellene ved å gjøre enkelte forutsetninger om treghetsstrukturen ved tilpasning til ny likevektssituasjon etter at det har skjedd initiale endringer i forklaringsvariablene. En slik treghetsprosess antas å ligge bak genereringen av årsdataene i datagrunnlaget. Forholdet mellom forbruk av elektrisitet og olje i hvert år antas å være avhengig av prisforholdet mellom varene for samme år og flere tidligere år. Videre skal vi anta at det er avhengighet mellom virkningene av prisendringer for noen av årene. I modellen 4.1.4. kan vi tenke oss:

$$(4.2.1.) \ln \left(\frac{E}{F} \right)_t = c - \sigma \cdot \ln \left(\frac{PE}{PF} \right)_t$$

der

$$(4.2.2) \ln \left(\frac{PE}{PF} \right)_t = \sum_{\tau=0}^L \alpha_{\tau} \ln \left(\frac{PE}{PF} \right)_{t-\tau} \quad \sum_{\tau=0}^L \alpha_{\tau} = 1$$

Sektorspesifikasjonen er her utelatt. Observasjonsåret er t . Produsenten forventes å tilpasse faktoretterspørselen etter en veiet sum av faktorprisene over $L+1$ år, $\left(\frac{PE}{PF} \right)_t$. Vi skal forutsette at $L=2$ og at virkningen av prisene i år $t-2$ er halvparten av virkningen av prisene i år $t-1$, altså $\alpha_2 = \frac{1}{2} \alpha_1$. Dette gjøres hovedsakelig av estimeringshensyn, da multikollinearitetsproblemet vanligvis gjør det vanskelig å estimere generelle "lag" med særlig presisjon. Vi ønsker nå å få uttrykt substitusjonselastisiteten som funksjon av de estimerte parametre.

Ved å sette 4.2.2 inn i 4.2.1 får vi:

$$(4.2.3) \ln \left(\frac{E}{F} \right)_t = c - \left\{ \sigma \cdot \alpha_0 \cdot \ln \left(\frac{PE}{PF} \right)_t + \sigma \cdot \frac{3}{2} \alpha_1 \left[\frac{2}{3} \ln \left(\frac{PE}{PF} \right)_{t-1} + \frac{1}{3} \cdot \ln \left(\frac{PE}{PF} \right)_{t-2} \right] \right\}$$

Videre definerer vi:

$$(4.2.4.) a_0 = -\sigma \cdot \alpha_0 \quad \text{og} \quad a_1 = -\sigma \cdot (\alpha_1 + \alpha_2) = -\frac{3}{2} \cdot \sigma \cdot \alpha_1$$

Dette gir oss følgende modell:

$$(4.2.5) \ln \left(\frac{E}{F} \right)_t = c + a_0 \cdot \ln \left(\frac{PE}{PF} \right)_t + a_1 \left[\frac{2}{3} \cdot \ln \left(\frac{PE}{PF} \right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln \left(\frac{PE}{PF} \right)_{t-2} \right]$$

med

$$(4.2.6) \sigma = -(a_0 + a_1)$$

Vi får nå en kortsikts- og langsiktspriselastisitet ved å sette inn for σ i (3.11) og (3.12) henholdsvis $-a_0$ og $-(a_0+a_1)$.

Modellformuleringen (4.2.6) inneholder muligheten for at virkningen av prisendringer i år $t-1$ er større enn virkningen av prisendringer i år t , samt at prisvirkningen for år lenger tilbake er avtakende. Dette kan være en rimelig beskrivelse av substitusjonen mellom energibærerne.

4.3. Stokastisk utforming

Ved estimering av vår modell benytter vi minste kvadraters metode i den økonometriske programpakken TROLL. Den stokastiske utformingen av modellen blir:

$$(4.3.1) \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = c + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + a_1 \left[\frac{2}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} \right] + \varepsilon_t$$

der

$$E(\varepsilon_t) = 0, \quad \text{Var}(\varepsilon_t) = \omega \quad \text{og} \quad \text{Covar}(\varepsilon_t) = 0$$

En hypotese om laggede priser kan f.eks. bygge på at produsentene er usikre med hensyn på om en endring i prisforholdet vil fortsette i samme retning, at han i øyeblikket ikke har tilstrekkelig informasjon om prisforholdene, eller at han ligger inne med store lagre av en av varene som det på grunn av lagerkostnader allikevel vil lønne seg å benytte først. Vi kan også tenke oss at det, på grunn av at substitusjon mellom energibærere kan kreve store investeringer som vil ta tid, ville være naturlig å lagge den endogene variable. I dette siste tilfelle beskriver altså tilpasningen av energibærerne i året før på en måte den teknisk-økonomiske substitusjonsmulighet på kort sikt. En modell der dette er representert kan vi utlede ved en antakelse om autokorrelasjon i restleddene i modell (4.3.1). Et spesialtilfelle av denne skal vi se leder til en tradisjonell partial adjustment modell.

$$(4.3.2) \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = c + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + a_1 \left[\frac{2}{3} \cdot \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \cdot \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} \right] + u_t$$

der $u_t = \rho \cdot u_{t-1} + \varepsilon_t$ og de samme forutsetninger om fordelingen av ε_t som i (4.3.1) og (4.3.2) kan omskrives:

$$(4.3.3) \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + a_1 \left[\frac{2}{3} \cdot \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \cdot \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} \right] -$$

$$\rho \cdot a_0 \cdot \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} - \rho \cdot a_1 \left[\frac{2}{3} \cdot \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-3} \right]$$

$$+ \rho \ln\left(\frac{E}{F}\right)_{t-1} + \varepsilon_t$$

der $k_0 = \rho c$ og der det er avhengighet mellom koeffisientene k_0 , ρa_0 , ρa_1 , ρ gjennom ρ og avhengighet mellom a_0 , ρa_0 og a_1 , ρa_1 . En generalisering av modellen får vi ved å erstatte ρa_0 , ρa_1 og ρ med tre uavhengige koeffisienter k_1 , k_2 og k_3 .

$$(4.3.4.) \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + a_1 \left[\frac{2}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} \right] -$$

$$k_1 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + k_2 \left[\frac{2}{3} \cdot \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-3} \right]$$

$$+ k_3 \ln\left(\frac{E}{F}\right)_{t-1} + \varepsilon_t$$

Dette er nå den mest generelle modellen, som vil danne utgangspunkt for vår testprosedyre senere (ligning 1 i testskjema - figur 1). Et interessant spesialtilfelle av denne modellen får vi ved å sette $k_1=k_2=a_1=0$. Det gir den autoregressive modellen:

$$(4.3.5) \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + k_3 \ln\left(\frac{E}{F}\right)_{t-1} + \varepsilon_t$$

Vi kan nå fra koeffisientene a_0 og k_3 finne substitusjonselastisiteten til den bakenforliggende produktfunksjonen ved:

$$(4.3.6) \sigma = - \frac{a_0}{1-k_3}$$

Tolkningen av relasjon (4.3.5) klargjøres ved:

$$(4.3.7) \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t - \ln\left(\frac{E}{F}\right)_{t-1} = [1-k_3] [\ln\left(\frac{E}{F}\right)_t^* - \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t]$$

Tilpasningen til en ny likevekstsituasjon etter en initial endring i prisforholdet mellom energibærerene, skjer ved at en tilpasser seg gradvis i forhold til en ønsket situasjon $\left(\frac{E}{F}\right)_t^*$ med en faktor $(1-k_3)$. Substitusjonselastisiteten er altså beskrevet ved σ i (4.3.6), mens den kortsiktige tilpasningen er beskrevet ved koeffisienten a_0 . Vi ser at ved en stor k_3 vil korttids- og langtidsvirkningen være svært forskjellige, dvs. det tar flere perioder før effekten av en prisendring har stabilisert seg.

4.4. Testing av beste relasjon

Ligning (4.3.4) med uavhengige koeffisienter som erstatning for $\rho \cdot a_0$ og $\rho \cdot a_1$ danner utgangsrelasjonen for en testprosedyre, som går ut på å finne den beste relasjon. Ved trinnvise forutsetninger der en setter de ulike koeffisientene lik null får en såkalte nestede hypoteser. Følgende test av hypotesen H_i mot H_j bygger på Hendry (1974):

$$(4.4.1) \text{ CESTEST} = \text{NOB} \cdot \ln\left(\frac{\text{SSR}_i}{\text{SSR}_j}\right) \sim \chi^2_{(v_j - v_i)}$$

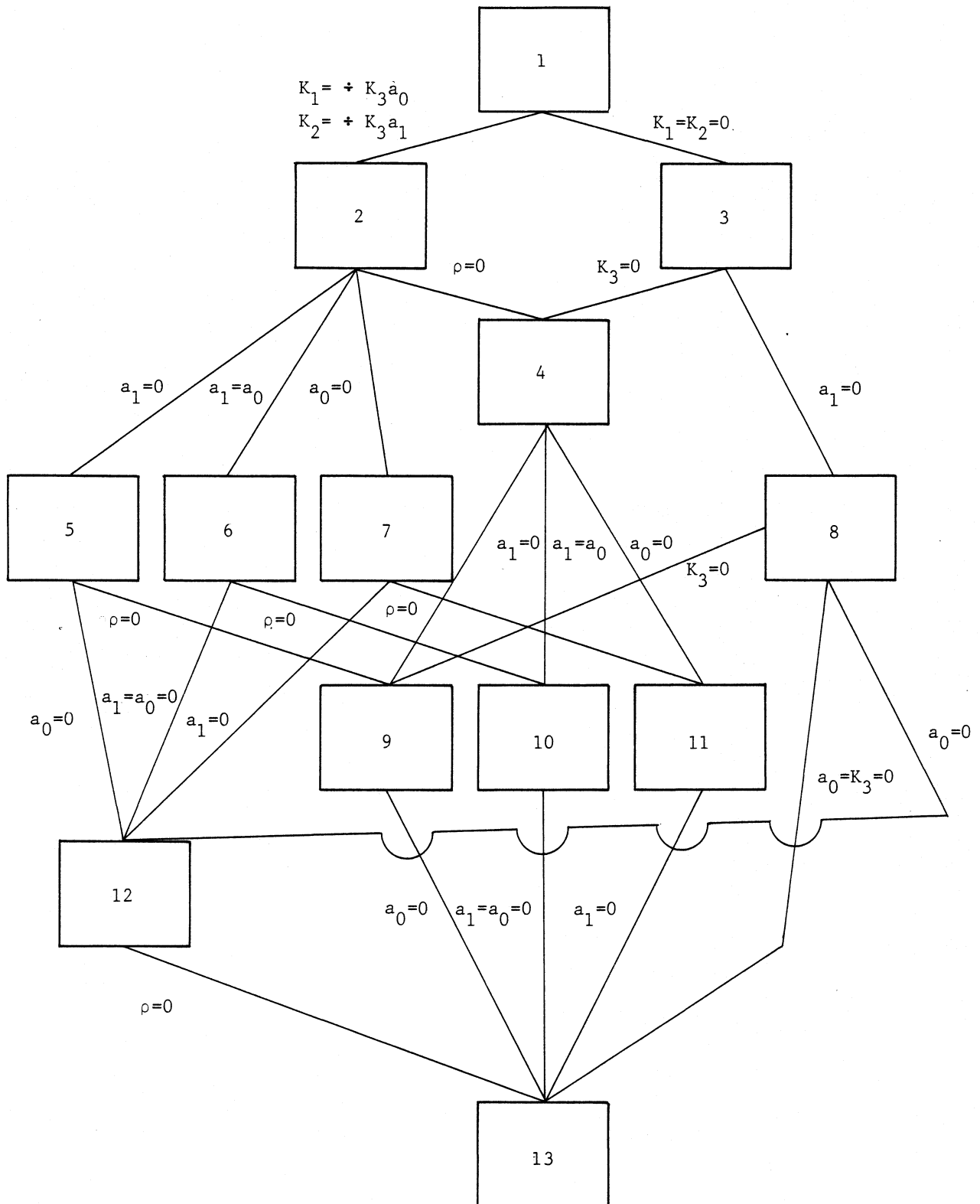
NOB = antall observasjoner

SSR_i = summen av de kvadrerte avvik i relasjon i

v_i = antall frihetsgrader (forklaringsvariable) i relasjon i

CESTEST er asymptotisk kji-kvadratfordelt med $(v_j - v_i)$ frihetsgrader. Hvis CESTEST er større enn tilsvarende verdi i den teoretiske kji-kvadratfordelingen forkastes nullhypotesen H_i , der H_i er nedenfor H_j i testskjema (fig. 1). De alternative relasjoner som er testet fremgår av vedlegg 1. Vi tester H_i mot H_j under betingelsen av at H_j er sann. Det er ikke gjort forsøk på å kontrollere testskjemaets totale signifikansnivå. Testresultatene er kommentert i kap. 7. For en fullstendig redegjørelse for resultatene se Bye (1984).

Figur 1. Testskjema nestede hypoteser (jfr. ligningssett i vedlegg 1)



5. GL-KOSTNADSFUNKSJONER

I den siste versjonen av MSG-modellen MSG-4E (Longva og Olsen (1983) har en tatt utgangspunkt i GL-kostnadsfunksjoner (Generalized Leontief cost function) Diewert (1971)) istedet for Cobb-Douglas produktfunksjoner som tidligere ble benyttet i MSG-3 til å beskrive substitusjonsforholdet mellom arbeid og kapital. Valget av GL-funksjoner er begrunnet utifra at hvis en skal analysere substitusjonen mellom flere enn to innsatsfaktorer i produksjonen, legger produktfunksjoner av typen Cobb-Douglas og CES for strenge apriori beskrankninger på substitusjonsmulighetene. I MSG-4E inngår de 4 innsatsfaktorene kapital (K), arbeidskraft (N), total vareinnsats (M) og energi (U) i substitusjonsforhold til hverandre i "øvre blokk" i modellen. I "nedre blokk" står elektrisitet og olje i substitusjonsforhold til hverandre ved "produksjon" av total energi. Valg av GL-funksjoner i nedre blokk er gjort utifra en vurdering av at det er praktiske fordeler med én funksjonsform. I tofaktortilfellet er CES-funksjonen imidlertid en tilfredsstillende fleksibel funksjonsform og representerer på samme måten som GL-funksjonen en annenordens tilnærming til en arbitrær homogen funksjon. En forskjell er imidlertid at CES-funksjonen har konstant substitusjonselastisitet. En annen mye benyttet funksjonsform er Translog kostnadsfunksjoner. (Christensen, Jørgensen og Lau (1973).) Et norsk eksempel på bruk av denne typen funksjoner har vi i Koren (1981). GL-funksjonene som beskriver substitusjonen mellom energivarer i MSG-4E er av formen:

$$(5.1) \quad C = U \sum_i \sum_j b_{ij} (P_i P_j)^{\frac{1}{2}} \quad i, j = E, F$$

Av identifikasjonshensyn antas det at koeffisientene $b_{ij} = b_{ji}$. Konkavitetsbetingelsene pålegger $b_{ij} > 0$ når $i \neq j$. For estimeringen av koeffisientene i GL-kostnadsfunksjonen spesifiseres kostnadsandelene (jfr. (3.8) og det estimeres på en stokastisk utforming av disse

$$(5.2) \quad SE_t = PE_t^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{\sum_j b_{Ej} \cdot P_{jt}^{\frac{1}{2}}}{\sum_i \sum_j b_{ij} (P_{it} P_{jt})^{\frac{1}{2}}} + \varepsilon_t \quad i, j = E, F$$

der ε_t er et restledd med tilsvarende egenskaper som forutsatt under 4.3.1. Vi normerer videre koeffisientene ved:

$$(5.3) \quad \sum_i \sum_j b_{ij} = 1 \quad i, j = E, F$$

Alle data ved estimeringen er normerte slik at prisene på inputvarene er lik én i basisåret og volumtallene er normerte slik at verditallene stemmer år for år. Normeringen gjelder også den aggregerte prisindeks for energi, som kommer ut av estimeringene, definert som C/U ved (5.1).

Priselastisitetene (3.11) og (3.12) kan nå skrives:

$$(5.5) \quad \eta_{ij} = \frac{\frac{\partial^2 C}{\partial P_i \cdot \partial P_j}}{\frac{\partial C}{\partial P_i}} \cdot \frac{P_j}{\frac{\partial C}{\partial P_i}} = \frac{\frac{1}{2} b_{ij} \cdot P_j^{\frac{1}{2}}}{\sum_k b_{ik} P_k^{\frac{1}{2}}} \quad \begin{array}{l} i \neq j \\ i, j, k = E, F \end{array}$$

og de direkte priselastisiteter følger av (3.13)-(3.14). Av (3.11)-(3.15) kan vi nå få følgende substitusjonelastisitet:

$$(5.6) \quad \sigma_{ij} = \frac{\eta_{ij}}{S_j} \quad i, j = E, F$$

Tolkningen av pris- og substitusjonelastisiteten er de samme som de tidligere utledede for CES-funksjonen, så de kan sammenlignes direkte.

Dualitetsteorien bygger på forutsetningen om konkave kostnadsfunksjoner¹. En nødvendig og tilstrekkelig betingelse for at en GL-kostnadsfunksjon skal være konkav for alle priser er at alle ikke-diagonale elementer i koeffisientmatrisen må være ikke-negativ. I vårt tilfelle betyr dette at $b_{FE} = b_{EF} > 0$ er en betingelse for konkavitet.

6. DATA

Utgangspunktet for estimeringer av relasjonene i MSG-4E er de årlige nasjonalregnskapstall². Når en skal estimere etterspørselsfunksjonene som er utledet i kapitlene 4 og 5 er det viktig med en nærmere klargjøring av hva som inngår i de brukte begrepene. Total energi blir bestemt indirekte gjennom relasjonene, som følge av kostnadsfunksjonen (3.3) og enhetskostnadsfunksjonen (3.4) eller prisfunksjonen for total energi. Dermed følger definisjonen av total energi av definisjonen av energivarene E og F. I MSG-4E har en hittil benyttet følgende innhold i de to energivarene elektrisitet og olje:

- i) Elektrisitet (E) = fastkraft + tilfeldig kraft
- ii) Olje (F) = Fyringsoljer (eksklusive fyringsparafin, inklusive autodiesel).

Volumtallene er fastpristall og prisene følger da av disse og de løpende verdier i nasjonalregnskapet. I det følgende skal vi se på noen svakheter og modifikasjoner av disse energibegrepene og prisene. To hovedkilder kan benyttes ved estimering av relasjonene;

- iii) Nasjonalregnskapet
- iv) Energidatabasen, som bygger på Energiregnskapet

Energiregnskapet er dokumentert i Ljones (1983) og sammenhengen mellom dette og nasjonalregnskapet er diskutert i Bye (1982). Energiregnskapet bygger på fysiske enheter som volummål, mens nasjonalregnskapet benytter fastpristall.

6.1. Industrien

Utgangspunktet for både energiregnskapet og nasjonalregnskapet er industristatistikken. Dette medfører at det er så godt som fullt samsvar mellom de to regnskapene for industrien. Imidlertid har statistikken for noen tidlige år vært gjenstand for en viss revisjon før de har gått inn i energiregnskapet. Energidatabasen (utdrag av energiregnskapet) har også inkludert fyringsparafin blant oljeproduktene, som står i substitusjonsforhold til elektrisitet. Basisgrunnlaget for reestimering av energiblokken i MSG-4E i denne rapporten er således for industrisektorene energiregnskapets fysiske energitall (Gwh og 1 000 tonn) samt priser på disse varene (øre/kwh og øre/kg). Ved estimeringen er prisene normerte til én i basisåret (1981) og mengdene normerte slik at verdien av varestrømmer forblir uendret (millioner kroner).

I enkelte industrisektorer benyttes det til tider ganske mye tilfeldig kraft. Det antas vesentlig å være tilgangen på tilfeldig kraft og ikke prisene, som er avgjørende for dette forbruket. I våre data inngår tilfeldig kraft på lik linje med annen kraft og prisene er veide med de to kraft-"typene". Det vil senere bli forsøkt med spesialanalyser av enkelte av de sektorene, som benytter mye tilfeldig kraft relativt til fastkraft (eks. treforedling).

¹ M. Fuss og D. Mc. Fadden (1978). ² Nasjonalregnskapet er beskrevet i Fløttum (1980). Eksempel på regnskapets oppbygging finnes i NOS Nasjonalregnskap 1971 - 1982.

6.2. Tjenesteyting

I Bye (1982) ble det påpekt tildels store forskjeller mellom energiregnskapet og nasjonalregnskapet mhp. fordeling av energivarene mellom de tjenesteytende sektorene. I tillegg er energiregnskapets oljetall eksklusive autodiesel (som ikke står i et substitusjonsforhold til elektrisitet) mens nasjonalregnskapets oljetall er inklusive denne varen. Endelig har energidatabasen både virkelig forbrukstall og forbrukstall korrigert for temperaturforskjeller i forhold til et temperaturmessig normalår. Dette siste gjør at en bedre kan få isolert prisvirkningene.

Alt dette skulle tilsi at en benyttet energidatabasen ved estimering av de tjenesteytende sektorene. Av framskrivningsmessige årsaker (modellen skal gå gjennom nasjonalregnskapets basisår og koeffisientene oppdateres til samme basisår), er det imidlertid liten hensikt å estimere på grunnlag av ett datamateriale og bruke ett annet som framskrivningsbasis når disse er svært forskjellige. I denne rapporten benyttes nasjonalregnskapets fastpristall og dets implisitte pristall. I Bye (1984) dokumenteres resultater framkommet ved å benytte energidatabasens tall for tjenesteyting.

6.3. Primærnæringene

For sektorene jordbruk, skogbruk og fiske og fangst benyttes nasjonalregnskapets fastpristall og implisitte pristall.

6.4. Tidsperiode

Databasen som er benyttet inneholder et fullstendig sett for årene 1962 - 1981. I tillegg inneholder den prissett for årene 1960 - 1961. Disse siste er lagt inn for å få nok data til estimering av lag-strukturene i kapittel 4. På grunn av at én av ligningene i dette kapittel inneholder en lagget endogen variabel er alle ligninger estimert over perioden 1963 - 1981. For GL-funksjonene er regresjonsperioden 1962 - 1981. Dette ene året skulle ikke påvirke sammenligningen av resultatene fra funksjonene i kapittel 4 og 5 mye da pris- og mengdeendringene fra 1962 - 1963 var neglisjerbare.

7. NOEN HOVEDRESULTATER

I dette kapitlet vil noen hovedresultater fra testskjema i kap. 4 og substitusjonselastisiteter og priselastisiteter fra to av relasjonene utledet av CES-funksjonen og tilsvarende for GL-funksjonen presenteres. Kapittel 7.1 beskriver systemet CESTEST samt hvilken av relasjonene i systemet som foretrekkes for industrisektorene. Kapittel 7.2 tar for seg tre sektorer som hver for seg representerer ulike problemer når energivaresubstitusjon skal beskrives. Kapittel 7.3 gir resultatene fra estimering av en enkel CES-funksjon, "beste"-relasjon og GL-funksjonen. Kapittel 7.4 omtaler kort resultatene for de tjenesteytende sektorer og jordbrukssektoren.

7.1. CESTEST i industrisektorene

CESTEST er et program som er utviklet i dette prosjektet. Det tar utgangspunkt i relasjon 4.3.4, estimerer denne og gjør forutsetninger skrittvis nedover testskjema i figur 1. Relasjonene som kommer ut er beskrevet i vedlegg 1. Disse estimeres og resultatene av regresjonene kommer ut som i tabell 1, som er inkludert som et eksempel og viser estimeringsresultatene for sektor 16 "produksjon av næringsmidler". Vi kjenner her igjen den tradisjonelle utformingen representert ved 4.1.4 som relasjon 9 der $k_0=c$ og $a_0=\sigma$. Vi ser at for denne spesielle sektoren er de to koeffisientene som er estimert i relasjon 9 signifikant forskjellig fra null på 5 prosent nivå. Fortegnet på substitusjonselastisiteten er også rimelig og vil gi "riktig" fortegn på priselastisitetene. Den spesielle utformingen gitt ved 4.3.5, dvs. med lagget endogen variabel (ligning 8) gir oss også signifikante og rimelige koeffisienter. Vi ser at langtidssubstitusjonselastisiteten (jfr. 4.3.6) er en god del større enn

korttidselastisiteten (1.09 mot 0.36). Substitusjonselastisiteten i ligning 9 ligger mellom disse to ytterverdiene. Vi ser at prisene forklarer 53 prosent av svingningene i forholdet mellom energibærerne i ligning 9 og at prisene og den laggede endogene variable forklarer 74 prosent av svingningene i forholdet mellom energibærerne i ligning 8. Slik kan en gå gjennom ligning for ligning i tabellen. Et fullstendig sett av tabeller for alle sektorene er presentert i Bye (1984).

Tabell 1. Eksempel på resultater fra estimeringer i CESTEST, koeffisienter og statistiske mål. MSG-sektor 16. Produksjon av næringsmidler

Lign. nr.	Korrelerede restledd *	K0	A0	A1	K1	K2	K3	RS0	DW	SER	SSR
1		-0.0954 (0.2008)	-0.4826 (0.1937)	0.2492 (1.9045)	0.1217 (1.3693)	-0.1147 (0.6715)	0.7441 (0.2076)	0.7667	2.0158	0.1263	0.2074
2	*	-0.6166 (0.1737)	-0.4185 (0.1453)	-0.0887 (0.2057)				0.3589	1.8064	0.1043	0.1740
3		-0.1477 (0.1597)	-0.4447 (0.1697)	0.2716 (0.2213)			0.7236 (0.2213)	0.7614	1.9370	0.1189	0.2121
4		-0.5967 (0.1435)	-0.7387 (0.2035)	0.0946 (0.2921)				0.5358	0.6252	0.1606	0.4127
5	*	-0.6574 (0.1479)	-0.4215 (0.1404)					0.3463	1.8560	0.1017	0.1759
6	*	-0.5563 (0.1663)	-0.3045 (0.1126)					0.3010	1.7242	0.1059	0.1905
7	*	-0.7261 (0.3048)		-0.1166 (0.2368)				0.0141	1.8203	0.1233	0.2586
8		-0.0857 (0.1538)	-0.3571 (0.1564)				0.6735 (0.1907)	0.7375	1.7494	0.1208	0.2334
9		-0.5627 (0.0953)	-0.6993 (0.1589)					0.5327	0.5767	0.1563	0.4154
10		-0.4764 (0.1374)	-0.4145 (0.1148)					0.4339	0.4386	0.1720	0.5032
11		-0.6335 (0.1875)		-0.5389 (0.3068)				0.1536	0.4242	0.2104	0.7524
12	*	-0.7661 (0.3221)						0.000	1.7558	0.1207	0.2621
13		-0.9517 (0.0510)						0.000	0.2986	0.2222	0.8889

På grunnlag av resultatene i tabell 1 og ligning 4.4.1 beregnes nå "CESTEST". Dette gir oss grunnlag for å vurdere hvilken av relasjonene som gir "best" tilpasning. For tester som følger etter hverandre i rette linjer nedover i skjema (figur 1), såkalte nestede hypoteser, brukes "CESTEST" direkte for å avgjøre hvilken av relasjonene som er den beste. For tester som er sideordnede hverandre i testskjema, ikke-nestede hypoteser (eks. 8 og 5), er størrelsen på SSR (sum of squared residuals) brukt direkte i valget mellom relasjonene. I tabell 2 er resultatet av CESTEST satt opp for alle industri-sektorene i MSG-4E. For å markere valg av "beste" funksjon på grunnlag av ovenstående er det brukt symbolet *. For å markere at en har blitt stående med en unested hypotese og valgt relasjon utifra størrelsen på SSR er alternativet markert med -.

Tabell 2. Utfall av ligningstest. CESTEST¹

	Ligningsnr. (vedlegg 1)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
31 Bergverksdrift								*					
16 Produksjon av næringsmidler .					*	-							
17 Produksjon av nytelsesmidler									*	-			
18 Produksjon av tekstil- og bekleddingsvarer					*								
26 Produksjon av trevarer						-		*					
34 Produksjon av treforedlings- produkter	*												
37 Produksjon av kjemiske rå- varer								*					
27 Produksjon av kjemiske og mineralske produkter		-						*					
43 Produksjon av metaller								*					
45 Produksjon av verksteds- produkter				*									
50 Bygging av skip og oljeplatt- former								*					
28 Grafisk produksjon								*					

¹ Hvis CESTEST endte opp med en unestet hypotese er begge relasjonene markert med henholdsvis * og -. * er den relasjon som ble valgt utifra enkel test på størrelsen av SSR.

Som en hovedkonklusjon kan en si at relasjon 8 eller 4.3.5 kommer ut som den "beste" relasjonen. Det ser altså ut for at det er en form for lagstruktur i tilpasningen, som (på grunnlag av hva som er sagt i kapittel 4.1) kan skyldes tregheten ved tilpasning av eksisterende kapitalutstyr. Kun i to sektorer (34-treforedling og 45-verkstedprodukter) får vi forkastet hypotesen om en slik lagstruktur eller den enklere (vanligste) form representert ved 4.1.4 (eller ligning 9 og 5 - 5 er lik 9 med tillegg av autokorrelerte restledd.) Det gjenstår imidlertid en gjennomgang av koeffisientene i de respektive relasjonene med tanke på å identifisere signifikante koeffisienter. I de neste kapitlene skal vi gå gjennom hovedresultatene. Fullstendige resultatet for alle relasjoner er presentert i Bye (1984).

7.2. Problemsektorer i industrien

Når en skal estimere substitusjon mellom energibærere i de ulike industrisektorene ved hjelp av funksjoner utledet av tradisjonelle produktfunksjoner og økonomiske tilpasningsbetingelser er det ulike problemer en må ta i betraktning ved tolkning av resultatene. I dette kapitlet kommenteres resultatene fra to sektorer som hver for seg kan sies å representere ulike problemer ved en tradisjonell beskrivelse av energisubstitusjon. Sektor 34 - Produksjon av treforedlingsprodukter er tatt med da denne sektoren har et betydelig innslag av bruk av tilfeldig kraft som står i substitusjonsforhold til olje. Substitusjonen på ethvert tidspunkt i denne sektoren kan ikke sies å være bare prisavhengig, men i vesentlig grad avhengig av tilgangen på tilfeldig kraft. Sektor 37 - Produksjon av kjemiske råvarer er en av sektorene som inngår i den kraftkrevende industri. Substitusjonsmulighetene mellom energi-varer i kraftkrevende industri kan antas å være mindre enn i annen industri. Sektor 16 - Produksjon av næringsmidler er tatt med i kommentarene, som en representant for de sektorer som ikke kan sies å

Vi ser også at den tradisjonelle måten å beskrive substitusjon på (ved relasjon 9) gir signifikant substitusjonselastisitet. Imidlertid har vi ved en slik forenkling tapt mye informasjon i forhold til relasjon 1 etter vår test.

$$GL: \quad SE_t = PE_t^{1/2} [0.235 \cdot PE_t^{1/2} + 0.244 \cdot PF_t^{1/2}] / [0.235 \cdot PE_t + 2 \cdot 0.244 (PE_t \cdot PF_t)^{1/2} + 0.277 \cdot PT_t] + \epsilon_t$$

(0.031) (0.048) (0.031) (0.048) (0.067)

$$R^2 = 0.626$$

$$DW = 2.00$$

$$SSR = 0.031$$

GL-funksjonen som beskrivelse av energivaresubstitusjon i sektoren produksjon av treforedlingsprodukter gir en rimelig god tilpasning, med signifikante koeffisienter, høy R^2 , lav SSR og noenlunde rimelig DW. Om funksjonen passer godt som gjennomsnitt kan en ha betydelige avvik i enkelte år (jfr. det tidsvise store innslaget av tilfeldig kraft). I dette tilfelle med så lav SSR ser ikke dette ut for å være et alvorlig problem.

ii) Sektor 37 Produksjon av kjemiske råvarer

$$EQ.8: \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = -0.0710 - 0.0614 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + 0.9553 \ln\left(\frac{E}{F}\right)_{t-1} + \epsilon_t$$

(0.1399) (0.1614) (0.1001)

$$R^2 = 0.8952$$

$$DW = 1.58$$

$$SSR = 1.00$$

$$EQ.12: \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = -0.2641 + u_t$$

$$\rho = 1.00$$

$$R^2 = 0.00$$

$$DW = 1.32$$

$$SSR = 1.25$$

I sektor 37 produksjon av kjemiske råvarer ender vi oppmed en hypotese mellom relasjonene 8 og 12, der ligning 8 faller best ut. Vi ser at substitusjonselastisiteten i relasjon 8 er ikkesignifikant, mens treghetsleddet er klart signifikant på 5 prosent nivå. At vi ikke får signifikant substitusjonselastisitet her er forsåvidt ventet. Elektrisitet og olje inngår i store deler av sektoren i forskjellige prosesser og står dermed ikke i et direkte substitusjonsforhold til hverandre. Deler av sektoren (Rafnes etc.) benytter mye av sektorens oljeforbruk som råstoff (plastproduksjon). Mye av

elektrisitetsforbruket (ca. halvparten) inngår i eldre prosesser for ammoniakkproduksjon (vann og elektrisitet). Nyere prosesser for denne produksjonen bryter ned olje og får ammoniakk utifra den. Ovenstående skulle tilsi at det i makrosektoren produksjon av kjemiske råvarer er vanskelig å tenke seg klare substitusjonsmuligheter mellom innsatsfaktorene elektrisitet og olje. En endring i størrelsesforholdet mellom de to produktspektrene vil imidlertid i vår "makro"-modell gi seg utslag i substitusjonselastisitet forskjellig fra null.

$$GL: \quad SE_t = PE_t^{\frac{1}{2}} [0.674 \cdot PE_t^{\frac{1}{2}} - 0.393 \cdot PF_t^{\frac{1}{2}}] / [0.674 \cdot PE_t - 2 \cdot 0.393(PE_t \cdot PF_t)^{\frac{1}{2}} + 1.113 \cdot PF_t] + \varepsilon_t$$

(0.096) (0.133) (0.096) (0.133) (0.177)

$$R^2 = 0.71$$

$$DW = 0.40$$

$$SSR = 0.30$$

Dette viser seg å være én sektor hvor kravet til konkav produktfunksjon ikke er oppfylt. Som vi så i kapittel 5, så var det en nødvendig betingelse for konkavitet at $b_{EF} = b_{FF}$ er ikke-negativ. De samme kommentarene, som ble gitt til tilpasningen i de CES-avledede funksjonene foran gjelder også her. Dette skulle tyde på at vi i denne sektoren har en feilspesifisert "produkt"funksjon eller gale tilpasningsbetingelser.

iii) Sektor 16 Produksjon av næringsmidler

$$EQ.5. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = -0.6574 - 0.4215 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + u_t$$

(0.1479) (0.1404)

$\rho = 0.87$
 $R^2 = 0.35$
 $DW = 1.86$
 $SSR = 0.18$

$$EQ.8. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = -0.0857 - 0.3571 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + 0.6735 \ln\left(\frac{E}{F}\right)_{t-1} + \varepsilon_t$$

(0.1538) (0.1564) (0.1907)

$R^2 = 0.74$
 $DW = 1.75$
 $SSR = 0.23$

$$EQ.9. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = -0.5627 - 0.6993 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + \varepsilon_t$$

(0.0953) (0.1589)

$R^2 = 0.53$
 $DW = 0.58$
 $SSR = 0.42$

I sektoren produksjon av næringsmidler ser vi at alle de tre relasjonene 5, 8 og 9 har signifikante koeffisienter (unntatt konstantleddet i 8). Alle disse relasjonene kunne man altså bruke. Durbin Watson observatoren i relasjon 9 antyder imidlertid at det er autokorrelasjon i restleddene i denne. Denne kan da også forkastes mot 8. Av testprosedyren beskrevet i kapittel 4.4 faller relasjon 5 ut som den "beste" relasjon. Vi ser at relasjon 8 har den største RSQ, men at relasjon 5 har den minste SSR. Relasjonene 5 og 8 inngår ikke som nestede hypoteser i forhold til hverandre. Om forskjellen i SSR i de to relasjonene er signifikante, er det derfor ikke forsøkt testet for her.

$$GL: \quad SE_t = PE_t^{\frac{1}{2}} \cdot [0.054 \cdot PE_t^{\frac{1}{2}} + 0.303 \cdot PF_t^{\frac{1}{2}}] / [0.054 \cdot PE_t + 2 \cdot 0.303(PE_t \cdot PF_t)^{\frac{1}{2}} + 0.340 \cdot PF_t] + \epsilon_t$$

(0.056) (0.076) (0.056) (0.076) (0.098)

$$R^2 = 0.164$$

$$DW = 0.62$$

$$SSR = 0.027$$

Alle koeffisienter unntatt b_{EE} er altså signifikante forskjellige fra null på 5 prosent signifikantnivå. I forhold til den tradisjonelle CES-avlede funksjon foran (EQ.9) gir denne en lavere R^2 , en noe lav DW og en lavere sum of squared residuals (SSR). Av CESTEST foran så vi at det ble antydnet en form for lagstruktur i sektoren. Den lave DW her antyder også det samme.

7.3. Hovedresultater fra estimeringene for industrien

På grunnlag av estimeringene og utledede relasjoner i kapitlene 4 og 5 kan vi nå sette opp en del tabeller og sammenligne substitusjonselastisiteter og priselastisiteter fra de forskjellige relasjonene.

Tabell 3 inneholder resultatene fra estimeringen av en enkel CES-funksjon. A_0 er substitusjonselastisiteten (med motsatt fortegn). Vi ser at A_0 har "riktig" fortegn og er signifikant forskjellig fra null i alle sektorer unntatt sektorene 31 og 43. Vi ser videre at prisforholdets forklaringskraft (R^2) mhp. endringene i forholdet mellom energibærerne er svært små i de to samme sektorene (31 og 43). Durbin Watson-observatoren tyder på at det er autokorrelasjon i relasjonene for de fleste sektorene.

I tabell 4 presenteres bruttopriselastisitetene (jfr. s. 8) utregnet ved hjelp av basisårets (1981) kostnadsandeler.

Probleme vi får med "galt" fortegn på substitusjonselastisiteten i sektor 37 kan være en følge av at produktfunksjonen er feilspesifisert eller at tilpasningsbetingelsene er andre enn de forutsatte i denne sektoren (jfr. forøvrig kommentarene på side 25). I sektor 43 har vi også fått "galt" fortegn på substitusjonselastisiteten, men den er ikkesignifikant forskjellig fra null (5 prosentnivå).

Tabell 5 inneholder resultatene fra estimeringen av en CES-funksjon med lagget endogen variabel (jfr. også partial adjustment model). $-A_0$ kan vi her kalle den "kortsiktige substitusjonselastisitet" (NB: substitusjonselastisiteten beskriver teknologien og er definert som i 4.3.6) mens vi kaller $-A_0/(1-k_3)$ den "langsiktige substitusjonselastisitet" (e.g. substitusjonselastisiteten jfr. 4.3.6).

Vi ser at A_0 er ikkesignifikant i sektorene 31, 37, 27, 43 og 50. I sektorene 37 og 43 har A_0 skiftet fra "galt" til "riktig" fortegn fra tabell 3 til tabell 5. Videre ser vi at treghetsleddet ved tilpasningen K_3 , er ikkesignifikant i sektorene 17, 18, 26, 34 og 43. Vi har for de fleste sektorene fått en vesentlig bedre forklaringskraft (R^2) ved å ta med en ekstra forklaringsvariabel. Dette gjelder spesielt sektorene 31, 37, 43 og 50. For sektorene 31, 37 og 50 betyr også

Tabell 3. Koeffisienter fra estimering av enkel CES-funksjon (relasjon 9 i vedlegg 1)

MSG-sektor	Koeffisienter		Statistiske mål			
	K_0	A_0	RSQ	DW	SER	SSR
31 Bergverksdrift	-0.260 (0.131)	-0.059 (0.217)	0.004	0.279	0.267	1.207
16 Produksjon av næringsmidler	-0.563 (0.095)	-0.699 (0.159)	0.533	0.577	0.156	0.415
17 Produksjon av nytelsesmidler	-0.018 (0.259)	-0.940 (0.303)	0.362	2.298	0.354	2.128
18 Produksjon av bekledningsvarer	0.021 (0.049)	-0.707 (0.109)	0.712	1.926	0.134	0.306
26 Produksjon av trevarer	0.366 (0.072)	-0.944 (0.140)	0.728	1.262	0.119	0.240
34 Produksjon av treforedlingsprodukter	-0.081 (0.087)	-0.491 (0.098)	0.599	2.006	0.178	0.537
37 Produksjon av kjemiske råvarer	-0.947 (0.265)	0.869 (0.323)	0.299	0.391	0.627	6.693
27 Produksjon av kjemiske og mineralske produkter .	-0.969 (0.067)	-0.443 (0.077)	0.659	1.384	0.128	0.278
43 Produksjon av metaller	1.542 (0.082)	0.020 (0.086)	0.003	1.146	0.137	0.317
45 Produksjon av verkstedsprodukter	0.268 (0.086)	-0.882 (0.126)	0.743	0.697	0.144	0.354
50 Bygging av skip og oljeplattformer	0.106 (0.150)	-0.696 (0.267)	0.286	0.643	0.286	1.390
28 Grafisk produksjon	0.517 (0.118)	-1.425 (0.181)	0.785	1.090	0.234	0.933

treghetsleddet svært mye og dermed er den kortsiktige elastisiteten også liten i disse sektorene. Durbin-Watson observatoren tyder på at vi i forhold til i tabell 3 har fått tatt mye hensyn til autokorrelasjonen ved denne spesifiseringen av modellen (en full spesifisering av modellen med autokorrelerte restledd er til sammenligning beskrevet i kapittel 7.4). I sektorene 17, 18 og 34 har treghetsleddet fått "galt" fortegn, dvs. den "langsiktige substitusjonselastisiteten" er mindre enn den "kortsiktige substitusjonselastisiteten". Koeffisienten K_3 er imidlertid i disse tilfellene ikke signifikant forskjellig fra null.

I tabell 6 presenteres "substitusjonselastisiteter" og bruttopriselastisiteter på kort og lang sikt som følge av de estimerte parametrene. Priselastisiteten er beregnet med utgangspunkt i basisårets (1981) kostnadsandeler.

I tabell 7 er de estimerte koeffisientene fra GL-funksjonen (5.2) satt opp. En betingelse for at forutsetningen om konkave produktfunksjoner skulle gjelde (jfr. side 18) var at $b_{EF} = b_{FE} > 0$. Vi ser at dette gjelder for alle sektorer unntatt sektorene 37 og 43. Dette resultatet er felles med tabell 3. Substitusjonsparameteren b_{EF} er imidlertid ikkesignifikant forskjellig fra null i sektor 43. Den er heller ikke signifikant i sektoren Bergverksdrift. I alle andre sektorer er den signifikant på samme måte som i tabell 3. Durbin-Watson observatoren tyder også her på sterk autokorrelasjon i de fleste sektorer.

Tabell 8 presenterer substitusjonselastisiteten og bruttopriselastisiteten som følger av de estimerte parametre og verdiandelene i basisåret.

Tabell 4. Elastisiteter fra estimering av CES-funksjoner (relasjon 9 i vedlegg 1)

MSG-sektor	Brutto priselastisiteter		Substitusjons- elastisitet
	η_{EE}	η_{FF}	σ_{EF}
31 Bergverksdrift	-0.034	-0.025	0.059
16 Produksjon av næringsmidler	-0.425	-0.274	0.699
17 Produksjon av nytelsesmidler	-0.521	-0.419	0.940
18 Produksjon av tekstil og bekledning	-0.369	-0.338	0.707
26 Produksjon av trevarer	-0.391	-0.552	0.943
34 Produksjon av treforedlingsprodukter	-0.225	-0.266	0.491
37 Produksjon av kjemiske råvarer	-0.667	-0.201	-0.868
27 Produksjon av kjemiske og mineralske produkter .	-0.295	-0.148	0.443
43 Produksjon av metaller	-0.004	-0.016	-0.020
45 Produksjon av verkstedsprodukter	-0.396	-0.486	0.882
50 Bygging av skip og oljeplattformer	-0.333	-0.363	0.696
28 Grafiske produkter	-0.551	-0.875	1.426

Tabell 5. Koeffisienter fra estimering av enkel CES-funksjon med lagget endogen variabel (relasjon 8 i vedlegg 1)

MSG-sektor	Koeffisienter			Statistiske mål			
	K_0	A_0	K_3	RSQ	DW	SER	SSR
31 Bergverksdrift	0.030 (0.075)	-0.168 (0.108)	0.852 (0.116)	0.773	2.214	0.131	0.275
16 Produksjon av næringsmidler	-0.086 (0.154)	-0.357 (0.156)	0.674 (0.191)	0.738	1.749	0.121	0.233
17 Produksjon av nytelsesmidler	-0.068 (0.267)	-1.083 (0.346)	-0.201 (0.232)	0.391	2.100	0.356	2.032
18 Produksjon av bekledningsvarer	0.003 (0.052)	-0.761 (0.119)	0.153 (0.144)	0.731	1.525	0.134	0.286
26 Produksjon av trevarer	0.265 (0.084)	-0.650 (0.197)	0.394 (0.200)	0.781	1.994	0.110	0.193
34 Produksjon av treforedlingsprodukter	-0.122 (0.110)	-0.527 (0.115)	-0.135 (0.128)	0.608	1.912	0.181	0.524
37 Produksjon av kjemiske råvarer	-0.071 (0.140)	-0.061 (0.161)	0.955 (0.101)	0.895	1.583	0.250	1.001
27 Produksjon av kjemiske og mineralske produkter .	-0.203 (0.324)	-0.222 (0.114)	0.690 (0.287)	0.749	2.214	0.113	0.204
43 Produksjon av metaller	0.884 (0.354)	-0.008 (0.082)	0.437 (0.230)	0.187	2.144	0.127	0.258
45 Produksjon av verkstedsprodukter	0.248 (0.070)	-0.633 (0.130)	0.403 (0.130)	0.839	1.631	0.118	0.222
50 Bygging av skip og oljeplattformer	0.013 (0.095)	-0.049 (0.206)	0.789 (0.149)	0.740	2.219	0.178	0.506
28 Grafisk produksjon	0.310 (0.076)	-0.686 (0.171)	0.534 (0.095)	0.927	2.372	0.140	0.315

Tabell 6. Elastisiteter fra estimeringen av CES-funksjonen med lagget endogen variabel (relasjon 8 i vedlegg 1)

MSG-sektor	Brutto priselastisiteter				Substitusjons- elastisitet	
	Kort sikt		Lang sikt		Kort sikt	Lang sikt
	η_{EE}	η_{FF}	η_{EE}	η_{FF}	σ_{EF}	σ_{EF}
31 Bergverksdrift	-0.098	-0.070	-0.660	-0.475	0.168	1.135
16 Produksjon av næringsmidler	-0.217	-0.140	-0.665	-0.429	0.357	1.094
17 Produksjon av nytelsesmidler	-0.600	-0.483	-0.500	-0.402	1.083	0.902
18 Produksjon av tekstil og bekledning	-0.397	-0.363	-0.345	0.315	0.760	0.660
26 Produksjon av trevarer	-0.270	-0.380	-0.445	-0.627	0.650	1.072
34 Produksjon av treforedlingsprodukter	-0.241	-0.285	-0.213	-0.251	0.526	0.464
37 Produksjon av kjemiske råvarer	-0.047	-0.014	-1.054	-0.318	0.061	1.372
27 Produksjon av kjemiske og mineralske produkter .	-0.147	-0.074	-0.476	-0.240	0.221	0.716
43 Produksjon av metaller	-0.001	-0.006	-0.002	-0.012	0.007	0.014
45 Produksjon av verkstedsprodukter	-0.285	-0.349	-0.477	-0.585	0.634	1.062
50 Bygging av skip og oljeplattformer	-0.023	-0.025	-0.110	-0.120	0.048	0.230
28 Grafiske produkter	-0.265	-0.421	-0.596	-0.903	0.686	1.472

Tabell 7. Koeffisienter fra estimeringen av GL-funksjonen

MSG-sektor	Koeffisienter			Statistiske mål			
	b_{EE}	b_{EF}	b_{FF}	RSQ	DW	SER	SSR
31 Bergverksdrift	0.429 (0.084)	0.004 (0.109)	0.563 (0.138)	0.535	0.27	0.065	0.074
16 Produksjon av næringsmidler	0.054 (0.056)	0.303 (0.076)	0.340 (0.098)	0.164	0.62	0.039	0.027
17 Produksjon av nytelsesmidler	0.023 (0.096)	0.470 (0.154)	0.037 (0.215)	0.082	2.27	0.085	0.129
18 Produksjon av bekledningsvarer	0.151 (0.044)	0.354 (0.053)	0.129 (0.037)	0.304	2.55	0.032	0.018
26 Produksjon av trevarer	0.126 (0.053)	0.462 (0.068)	-0.051 (0.083)	0.015	1.24	0.028	0.014
34 Produksjon av treforedlingsprodukter	0.235 (0.031)	0.244 (0.040)	0.031 (0.277)	0.626	2.00	0.042	0.031
37 Produksjon av kjemiske råvarer	0.674 (0.096)	-0.393 (0.133)	1.112 (0.177)	0.705	0.40	0.128	0.295
27 Produksjon av kjemiske og mineralske produkter .	0.099 (0.021)	0.172 (0.034)	0.557 (0.047)	0.744	1.21	0.029	0.016
43 Produksjon av metaller	0.829 (0.079)	-0.008 (0.012)	0.186 (0.017)	0.951	1.20	0.007	0.001
45 Produksjon av verkstedsprodukter	0.109 (0.055)	0.456 (0.078)	-0.021 (0.103)	0.025	0.47	0.042	0.032
50 Bygging av skip og oljeplattformer	0.148 (0.111)	0.377 (0.146)	0.098 (0.183)	0.046	0.49	0.075	0.102
28 Grafisk produksjon	-0.144 (0.100)	0.773 (0.134)	-0.402 (0.171)	0.183	0.57	0.082	0.120

Tabell 8. Elastisiteter fra estimeringen av GL-funksjonen

MSG-sektor	Brutto priselastisiteter		Hicks-Allen substitusjons- elastisitet
	η_{EE}	η_{FF}	σ_{EF}
31 Bergverksdrift	-0.005	-0.004	0.009
16 Produksjon av næringsmidler	-0.425	-0.236	0.661
17 Produksjon av nytelsesmidler	-0.477	-0.464	0.941
18 Produksjon av tekstil og bekledning	-0.350	-0.357	0.707
26 Produksjon av trevarer	-0.393	-0.561	0.954
34 Produksjon av treforedlingsprodukter	-0.255	-0.234	0.489
37 Produksjon av kjemiske råvarer	0.701	0.273	-0.974
27 Produksjon av kjemiske og mineralske produkter .	-0.317	-0.118	0.435
43 Produksjon av metaller	0.005	0.022	-0.027
45 Produksjon av verkstedsprodukter	-0.404	-0.524	0.928
50 Bygging av skip og oljeplattformer	-0.359	-0.397	0.756
28 Grafiske produkter	-0.614	-1.042	1.656

Konklusjoner - industrisektorene:

Ved vurderinger av tabellene 3-8 og resultater fra tidligere estimeringer av funksjoner i MSG-4E (jfr. Bjerkholt et.al. (1983) p. 68) kan en trekke noen hovedkonklusjoner.

- i) Substitusjonselastisiteten i de fleste næringer synes å ha fått et rimelig fortegn. Dette gjelder ikke sektorene produksjon av kjemiske råvarer og produksjon av metaller. Her er da heller ikke konkavitetsbetingelsene i GL-kostnadsfunksjonen oppfylt.
- ii) GL-kostnadsfunksjonen og CES-kostnadsfunksjonen (tabell 4) gir omtrent like substitusjons- og dermed priselastisiteter.
- iii) DW-observatoren er i de fleste tilfelle små. Dette antyder at det er positiv autokorrelasjon i modellen. Dette var også et resultat som kom ut av CESTEST.
- iv) Forholdet mellom korttids- og langtidselastisitet i CES-funksjonen med lagget endogen variabel synes å være noe stort i mange tilfelle. I fire tilfelle er også forholdet omvendt av hva en skulle kunne tenke seg (treghetsleddet k_3 blir estimert negativt). I to av disse sektorene faller imidlertid ikke denne funksjonen ut som den "beste" i CESTEST. Mangel på spesifisering av teknologi i modellen og forutsetningen om substitusjonens uavhengighet av skalaen kan være årsaken til "rare" resultater med denne funksjonen¹. De fleste sektorer synes å ha en stor treghet i tilpasningen.
- v) Anslaget for langtidselastisiteten er i de fleste tilfelle størst i modellen med lagget endogen variabel.

¹ Jfr. forøvrig fotnote 4 side 8.

vi) En av de ting vi ville undersøke var om vi ved å ta med de senere års store endringer i det relative prisforhold mellom olje og elektrisitet (1979 - 1981) i estimeringsgrunnlaget ville få endrede elastisiteter. Sammenlignes tabell 7 med tabell 1 i Bjerkholt et.al. (1983) side 68, finner vi at vi har fått større elastisiteter i 7 av de 12 industrisektorene. Imidlertid gjelder dette ikke for sektorene produksjon av metaller og produksjon av verkstedprodukter (disse sektorene har store lag - jfr. k3 i tabell 5). Sektoren produksjon av nytelsesmidler må kunne sies å ha fått et "rimeligere" resultat, produksjon av metaller har skiftet fra "riktig" til "galt" fortegn og de to andre sektorene som har endret seg mot hypotesen har fått relativt små endringer. Sektoren produksjon av treforedlingsprodukter har skiftet fra tidligere "galt" fortegn til "riktig" fortegn. Substitusjons- og priselastisitetene i denne sektoren ser også ut for å ha fått et rimelig nivå.

7.4. Hovedresultater fra estimeringen av primær- og tjenesteytende sektorer

Resultatene fra CESTEST for primær- og tjenesteytende sektorer gir oss relasjon 5 som "beste" relasjon i 7 av 10 sektorer. Dette framgår av tabell 9. For de 3 siste sektorene får vi mere sammensatte relasjoner som beste relasjon.

Tabell 9. Utfall av ligningstest. CESTEST

MSG-sektor	Ligningsnr. (se vedlegg 1)												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11 Jordbruk	*												
55 Bygg- og anleggsvirksomhet					*								
74 Innenriks samferdsel			-	*									
79 Reparasjon av kjøretøyer mv.					*								
84 Anne privat tjenesteprod.			*		-								
91 Offentlig administrasjon					*								
92 Forsvar			-		*								
93 Undervisning og forskning					*								
94 Helsetjenester mv.					*								
95 Annen offentlig tjenesteproduksjon .					*								

Relasjon 5 er en ordinær CES-avledet funksjon, men med en restleddsspesifikasjon med første ordens autokorrelasjon;

$$(7.4.1) \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right) + U_t$$

2

der $U_t = \rho U_{t-1} + \epsilon_t$, $E(\epsilon_t) = 0$ og $\text{Var}(\epsilon_t) = \omega$

Av denne finner vi:

$$(7.4.2) \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = (1-\rho)k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t - \rho a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \rho \ln\left(\frac{E}{F}\right)_{t-1}$$

I tillegg til lagget endogen variabel, som vi har i "beste" relasjon i industrien, har vi lagget prisforhold i "beste" relasjon i tjenesteytende sektorer.

I tabell 10 gjengis resultatene for den "beste" relasjon for primær- og tjenesteytende sektorer. Alle koeffisientene A_0 har riktige fortegn og er signifikant forskjellig fra null. Brutto priselastisitetene som følger av disse koeffisientene presenteres i tabell 11. Bortsett fra for sektoren 55, som har en direkte priselastisitet for elektrisitet større enn én, kan elastisitetene sies å være rimelige. Vi har også fått en lav direkte priselastisitet for olje i sektoren innenriks samferdsel, som antakelig er rimelig for denne sektoren. Elastisitetene er beregnet med grunnlag i basisårets verdiandeler (1981).

Tabell 10. Koeffisienter fra estimering av enkel CES-funksjon med første ordens autokorrelasjon (relasjon 5 i vedlegg 1)

MSG-sektor	Koeffisienter			Statistiske mål			
	k_0	A_0	ρ	RSQ	DW	SER	SSR
11 Jordbruk	-0.473 (0.109)	-0.698 (0.131)	0.72	0.626	1.428	0.105	0.188
55 Bygg og anleggsvirksomhet	-1.919 (0.287)	-1.504 (0.350)	0.81	0.521	1.570	0.274	1.274
74 Innenriks samferdsel	-2.330 (0.093)	-0.678 (0.106)	0.81	0.706	1.421	0.084	0.120
79 Reparasjoner av kjøretøyer mv.	0.162 (0.059)	-0.814 (0.088)	0.47	0.834	2.199	0.093	0.146
84 Annen priv. tjenesteproduksjon	0.702 (0.305)	-0.894 (0.131)	0.94	0.734	1.281	0.134	0.306
91 Offentlig administrasjon	-0.182 (0.744)	-1.068 (0.132)	0.98	0.794	1.541	0.146	0.361
92 Forsvar	-3.168 (0.102)	-0.860 (0.150)	0.56	0.658	1.898	0.151	0.390
93 Undervisning og forskning	-0.056 (2.207)	-0.963 (0.082)	0.99	0.890	0.992	0.092	0.145
94 Helsetjenester mv.	-0.001 (0.533)	-0.950 (0.077)	0.99	0.900	0.819	0.088	0.130
95 Annen offentlig tjenesteproduksjon	-0.294	-1.125 (0.098)	1.00	0.885	1.724	0.102	0.176

Tabell 11. Elastisiteter fra estimeringen av enkel CES-funksjon med første ordens autokorrelasjon (relasjon 5 i vedlegg 1)

MSG-sektor	Brutto priselastisiteter		Substitusjons- elastisitet
	η_{EE}	η_{FF}	σ_{EF}
11 Jordbruk	-0.557	-0.141	0.698
55 Bygg og anleggsvirksomhet	-1.251	-0.253	1.504
74 Innenriks samferdsel	-0.639	-0.040	0.678
79 Reparasjon av kjøretøyer mv.	-0.461	0.352	0.814
84 Annen privat tjenesterprod.	-0.340	-0.554	0.894
91 Offentlig administrasjon	-0.355	-0.713	1.068
92 Forsvar	-0.464	-0.396	0.860
93 Undervisning og forskning	-0.287	-0.676	0.963
94 Helsetjenester mv.	-0.286	-0.663	0.950
95 Annen offentlig tjenesteproduksjon	-0.283	-0.841	1.125

I tabell 12 finner en koeffisientene som er estimert ved en enkel CES-funksjon med forutsetning om uavhengighet mellom restleddene. Her er også alle A_0 blitt estimert med "riktig" fortegn. Durbin-Watson-observatoren er veldig lave og tyder på autokorrelasjon i relasjonene (dette viser da også valg av "beste" relasjon). De implisitte bruttopriselastisiteter er gjengitt i tabell 13. I sektorene 91 og 93 får en ikke estimert signifikante substitusjonselastisiteter ved denne modellen.

Tabell 12. Koeffisienter fra estimering av enkel CES-funksjon (relasjon 9 i vedlegg 1)

MSG-sektor	Koeffisienter		Statistiske mål			
	K_0	A_0	RSQ	DW	SER	SSR
11 Jordbruk	-0.394 (0.083)	-0.838 (0.116)	0.753	0.671	0.144	0.353
55 Bygg- og anleggsvirksomhet	-1.886 (0.147)	-1.944 (0.462)	0.510	0.541	0.411	2.865
74 Innenriks samferdsel	-2.418 (0.086)	-0.519 (0.170)	0.356	0.491	0.135	0.311
79 Reparasjon av kjøretøyer mv.	0.136 (0.053)	-0.777 (0.090)	0.815	1.082	0.103	0.179
84 Annen privat tjenesteprod.	0.676 (0.161)	-0.581 (0.232)	0.269	0.284	0.257	1.119
91 Offentlig administrasjon	-0.634 (0.194)	-0.318 (0.291)	0.065	0.580	0.329	1.836
92 Forsvar	-3.145 (0.101)	-0.897 (0.185)	0.582	0.902	0.179	0.545
93 Undervisning og forskning	-0.467 (0.143)	-0.364 (0.201)	0.161	0.576	0.248	1.041
94 Helsetjenester mv.	-0.188 (0.092)	-0.487 (0.141)	0.414	0.836	0.171	0.493
95 Annen offentlig tjenesteproduksjon	-0.096 (0.103)	-1.264 (0.181)	0.741	0.363	0.179	0.544

Tabell 13. Elastisiteter fra estimering av enkel CES-funksjonen (relasjon 9 i vedlegg 1)

Sektor	Brutto priselastisiteter		Substitusjons- elastisitet
	η_{EE}	η_{FF}	σ_{EF}
11 Jordbruk	-0.668	-0.170	0.838
55 Bygg- og anleggsvirksomhet	-1.617	-0.327	1.944
74 Innenriks samferdsel	-0.488	-0.031	0.519
79 Reparasjon av kjøretøyer mv.	-0.441	-0.336	0.777
84 Annen privat tjenesteproduksjon	-0.221	-0.360	0.581
91 Offentlig administrasjon	-0.106	-0.212	0.318
92 Forsvar	-0.484	-0.413	0.897
93 Undervisning og forskning	-0.109	-0.255	0.364
94 Helsetjenester mv.	-0.147	-0.340	0.487
95 Annen offentlig tjenesteproduksjon	-0.318	0.946	1.264

Tabell 14 gir estimatene i relasjon 8 dvs. den relasjon som i industrisektorene ble valgt som "beste" relasjon. Også her har alle A_0 fått "riktig" fortegn. Dette gjelder også tregghetsleddet K_3 . Dette betyr at alle langsiktige elastisiteter også er større enn de kortsiktige, som en måtte forvente (tabell 15). For enkelte sektorer (spesielt sektorene 55 og 91) har vi fått estimert veldig store langsiktige elastisiteter.

Tabell 14. Koeffisienter fra estimeringen av CES-funksjon med lagget endogen variabel (relasjon 8 i vedlegg 1)

MSG-sektor	Koeffisienter			Statistiske mål			
	K_0	A_0	K_3	RSQ	DW	SER	SSR
11 Jordbruk	-0.098 (0.095)	-0.562 (0.109)	0.495 (0.123)	0.878	1.674	0.105	0.175
55 Bygg- og anleggsvirksomhet	-0.966 (0.298)	-1.261 (0.418)	0.543 (0.162)	0.713	1.190	0.324	1.681
74 Innenriks samferdsel	-1.046 (0.466)	-0.523 (0.149)	0.514 (0.173)	0.585	1.338	0.112	0.200
79 Reparasjon av kjøretøyer mv.	0.137 (0.058)	-0.775 (0.099)	0.009 (0.129)	0.815	1.093	0.106	0.179
84 Annen privat tjenesteprod.	0.492 (0.131)	-0.556 (0.175)	0.584 (0.156)	0.610	1.090	0.193	0.597
91 Offentlig administrasjon	0.238 (0.242)	-0.704 (0.222)	0.771 (0.177)	0.571	1.842	0.230	0.843
92 Forsvar	-2.583 (0.586)	-0.834 (0.196)	0.165 (0.169)	0.605	1.285	0.179	0.514
93 Undervisning og forskning	0.064 (0.200)	-0.506 (0.167)	0.616 (0.190)	0.495	0.488	0.198	0.628
94 Helsetjenester mv.	-0.040 (0.0133)	-0.509 (0.137)	0.278 (0.187)	0.486	1.215	9.165	0.434
95 Annen offentlig tjenesteproduksjon	0.127 (0.107)	-1.078 (0.155)	0.390 (0.119)	0.845	1.240	0.143	0.326

Tabell 15. Elastisiteter fra estimering av CES-funksjon med lagget endogen variabel (relasjon 8 i vedlegg 1)

MSG-sektor	Brutto priselastisiteter				Substitusjons- elastisitet	
	Kort sikt		Lang sikt		Kort sikt	Lang sikt
	η_{EE}	η_{FF}	η_{EE}	η_{FF}		
11 Jordbruk	-0.448	-0.114	-0.887	-0.226	0.562	1.113
55 Bygg- og anleggsvirksomhet	-1.049	-0.212	-2.295	-0.464	1.261	2.759
74 Innenriks samferdsel	-0.492	-0.031	-1.012	-0.063	0.523	1.075
79 Reparasjon av kjøretøyer mv.	-0.440	-0.335	-0.444	-0.338	0.775	0.782
84 Annen privat tjenesteproduksjon	-0.211	-0.345	-0.508	-0.828	0.556	1.336
91 Offentlig administrasjon	-0.234	-0.470	-1.018	-2.048	0.704	3.074
92 Forsvar	-0.450	-0.384	-0.539	-0.460	0.834	0.999
93 Undervisning og forskning	-0.151	-0.355	-0.393	-0.924	0.506	1.317
94 Helsetjenester mv.	-0.153	-0.356	-0.213	-0.492	0.509	0.705
95 Annen offentlig tjenesteproduksjon	-0.272	-0.806	-0.445	-1.322	1.078	1.767

I tabell 16 ser vi at substitusjonsparameteren b_{EF} i GL-funksjonen (5.2) har fått riktig fortegn og at dermed konkavitetsbetingelsene er oppfylt. Substitusjonsparameteren er også her, bortsett fra for sektorene 91 og 93, signifikant forskjellig fra null. Durbin-Watson-observatoren antyder positiv autokorrelasjon i relasjonene. Substitusjonselastisitet og bruttopriselastisiteter er gitt i tabell 17. Substitusjonselastisitetene i GL-funksjonen og CES-funksjonen (tabell 13) er estimert omlag like.

Tabell 16. Koeffisienter fra estimeringen av GL-funksjonen

MSG-sektor	Koeffisienter			Statistiske mål			
	b_{EE}	b_{EF}	b_{FF}	RSQ	DW	SER	SSR
11 Jordbruk	0.011 (0.039)	0.394 (0.057)	0.202 (0.076)	0.103	0.64	0.035	0.022
55 Bygg- og anleggsvirksomhet	-0.381 (0.146)	0.521 (0.132)	0.340 (0.119)	0.149	0.48	0.054	0.052
74 Innenriks samferdseI	-0.001 (0.023)	0.086 (0.031)	0.830 (0.038)	0.267	0.43	0.013	0.028
79 Reparasjon av kjøretøyer mv.	0.142 (0.033)	0.393 (0.044)	0.072 (0.055)	0.267	1.12	0.024	0.011
84 Annen privat tjenesteyting	0.405 (0.067)	0.249 (0.096)	0.098 (0.127)	0.193	0.40	0.051	0.046
91 Offentlig administrasjon	0.214 (0.101)	0.134 (0.143)	0.519 (0.187)	0.245	0.56	0.080	0.116
92 Forsvar	-0.020 (0.009)	0.061 (0.012)	0.898 (0.015)	0.030	0.94	0.007	0.001
93 Undervisning og forskning	0.223 (0.070)	0.162 (0.101)	0.454 (0.134)	0.372	0.57	0.061	0.068
94 Helsetjenester mv.	0.213 (0.050)	0.240 (0.069)	0.307 (0.090)	0.445	0.84	0.047	0.039
Annen offentlig tjenesteprod.	-0.152 (0.072)	0.626 (0.097)	-0.101 (0.122)	0.109	0.32	0.047	0.039

Tabell 17. Elastisiteter fra estimeringen av GL-funksjonen

MSG-sektor	Brutto priselastisiteter		Hicks-Allen substitu- sjonselastisitet
	η_{EE}	η_{FF}	σ_{EF}
11 Jordbruk	-0.487	-0.331	0.818
55 Bygg- og anleggsvirksomhet	-1.868	-0.303	2.170
74 Innenriks samferdsel	-0.506	-0.047	0.553
79 Reparasjon av kjøretøyer mv.	-0.367	-0.423	0.790
84 Annen privat tjenesteprod.	-0.190	-0.359	0.549
91 Offentlig administrasjon	-0.192	-0.102	0.294
92 Forsvar	-0.745	-0.032	0.777
93 Undervisning og forskning	-0.210	-0.131	0.341
94 Helsetjenester mv.	-0.265	-0.1220	0.485
95 Annen offentlig tjenesteproduksjon	-0.660	-0.596	1.256

Konklusjoner - primær- og tjenesteytende sektorer:

Hovedkonklusjonene fra estimeringsresultatene for primær- og tjenesteytende sektorer kan sies å være:

- i) Alle substitusjonselastisiteter og dermed også priselastisiteter har fått "riktig" fortegn. De er også signifikant forskjellige fra null på 5 prosent nivå, bortsett fra for sektorene 91 Offentlig administrasjon og 93 Undervisning og forskning for noen av relasjonene. For "beste" relasjon har alle sektorsers substitusjonselastisiteter blitt estimert med "riktig" fortegn som resultat.
- ii) I de fleste tilfelle blir substitusjonselastisiteten større ved å benytte forutsetning om førsteordens autokorrelerte restledd istedet for forutsetning om uavhengighet mellom restleddene.
- iii) I relasjon 8 er lag-koeffisienten signifikant forskjellig fra null for de fleste sektorene. Denne faller imidlertid ikke ut som beste relasjon. Relasjon 5 ("beste" relasjon) har som vist i 7.4.2 både lagget endogen og lagget eksogen variabel.
- iv) Konkavitetsbetingelsene er oppfylt for alle sektorer.
- v) En sammenligning mellom estimatene her og tidligere estimater (jfr. Bjerkholt et.al. (1983) viser at substitusjonselastisiteten i bygg- og anleggssektoren i denne undersøkelsen er større (2,17 mot 1,74). Substitusjonselastisiteten i sektoren "Annen privat tjenesteproduksjon" er drastisk mindre i denne undersøkelsen (0,55 mot 1,25). Dette vil gjøre sterkt utslag i modellen også som følge av at denne sektoren har det vesentlige av elektrisitetsforbruket i privat tjenesteyting. Et punkt som kan ha hatt betydning her er den statiske utformingen av modellen.

I Bjerkholt et.al. (1983) ble det ikke estimert relasjoner for substitusjon mellom elektrisitet og olje i sektorer for offentlig forvaltning.

VEDLEGG 1. LIGNINGSSYSTEM I CESTEST

EQ:

$$1. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + a_1 \left(\frac{2}{3}\right) \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} + k_1 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + k_2 \left(\frac{2}{3}\right) \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-3} + k_3 \ln\left(\frac{E}{F}\right)_{t-1} + \varepsilon_t$$

6 parametre.

$$2. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + a_1 \left(\frac{2}{3}\right) \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} + U_t \quad \text{der } U_t = \rho_{t-1} + \varepsilon_t$$

4 parametre:

samme relasjon som 1:, men her er det restriksjoner mellom parametrene:

$$k_1 = -k_3 a_0 = -\rho a_0$$

$$k_2 = -k_3 a_1 = -\rho a_1$$

Kjøres med TDC AUTO1:

$$\text{Testes mot relasjon 1: } \text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_2}{\text{SSR}_1} \sim \chi^2$$

$$3. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + a_1 \left(\frac{2}{3}\right) \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} + k_3 \ln\left(\frac{E}{F}\right)_{t-1} + \varepsilon_t$$

4 parametre:

Forutsetter $k_1 = k_2 = 0$ i relasjon 1.

$$\text{Testes mot relasjon 1: } \text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_3}{\text{SSR}_1} \sim \chi^2$$

$$4. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + a_1 \left(\frac{2}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2}\right) + \varepsilon_t$$

3 parametre:

Forutsetter $\rho = 0$ i relasjon 2 eller

$k_3 = 0$ i relasjon 3

$$\text{testes mot relasjon 2: NOB} \cdot \ln \frac{SSR_4}{SSR_2} \sim \chi_1^2$$

$$\text{mot relasjon 3: NOB} \cdot \ln \frac{SSR_4}{SSR_3} \sim \chi_1^2$$

$$5. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + U_t \quad \text{der } U_t = \rho U_{t-1} + \varepsilon_t$$

3 parametre:

Forutsetter $a_1 = 0$ i relasjon 2

$$\text{testes mot relasjon 2: NOB} \cdot \ln \frac{SSR_5}{SSR_2} \sim \chi_1^2$$

kjøres med TDC AUTO1:

$$6. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \left(\ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + \frac{2}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} \right) + U_t$$

$$\text{der } U_t = \rho U_{t-1} + \varepsilon_t$$

3 parametre:

Forutsetter $a_1 = a_0$ i relasjon 2

testes mot relasjon 2: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_6}{\text{SSR}_2} \sim \chi_1^2$

kjøres med TDC AUTO1

$$7. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_1 \left(\frac{2}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} \right) + U_t \quad \text{der } U_t = \rho U_{t-1} + \varepsilon_t$$

3 parametre:

Forutsetter $a_0 = 0$ i relasjon 2

testes mot relasjon 2: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_7}{\text{SSR}_2} \sim \chi_1^2$

kjøres med TDC AUTO1

$$8. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + k_3 \ln\left(\frac{E}{F}\right)_{t-1} + \varepsilon_t$$

3 parametre:

Forutsetter $a_1 = 0$ i relasjon 3

testes mot relasjon 3: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_8}{\text{SSR}_3} \sim \chi_1^2$

$$9. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t + \varepsilon_t \quad \text{jfr. CES: } \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = C - \sigma \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_t$$

2 parametre:

Forutsetter $\rho = 0$ i relasjon 5 eller

$a_1 = 0$ i relasjon 4 eller

$k_3 = 0$ i relasjon 8

testes mot relasjon 5: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_9}{\text{SSR}_5} \sim \chi_1^2$ og

mot relasjon 4: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_9}{\text{SSR}_4} \sim \chi_1^2$ og

mot relasjon 8: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_9}{\text{SSR}_8} \sim \chi_1^2$

$$10. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_0 \left(\ln\left(\frac{PE}{PF}\right)\right)_t + \frac{2}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} + \varepsilon_t$$

2 parametre:

forutsettes $\rho = 0$ i relasjon 6 eller

$a_1 = a_0$ i relasjon 4

testes mot relasjon 6: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{10}}{\text{SSR}_6} \sim \chi_1^2$ og

mot relasjon 4: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{10}}{\text{SSR}_4} \sim \chi_1^2$

$$11. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + a_1 \left(\frac{2}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)\right)_{t-1} + \frac{1}{3} \ln\left(\frac{PE}{PF}\right)_{t-2} + \varepsilon_t$$

2 parametre:

Forutsetter $\rho = 0$ i relasjon 7 eller

$a_0 = 0$ i relasjon 4

testes mot relasjon 7: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{11}}{\text{SSR}_7} \sim \chi_1^2$ og

mot relasjon 4: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{11}}{\text{SSR}_4} \sim \chi_1^2$

12. $\ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + U_t$ der $U_t = \rho U_{t-1} + \varepsilon_t$

2 parametre:

Forutsetter $a_0 = 0$ i relasjon 5 eller

$a_1 = a_0$ i relasjon 6 eller

$a_1 = 0$ i relasjon 7 eller

$a_0 = 0$ i relasjon 8.

testes mot relasjon 5: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{12}}{\text{SSR}_5} \sim \chi_1^2$

mot relasjon 6: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{12}}{\text{SSR}_6} \sim \chi_1^2$

mot relasjon 7: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{12}}{\text{SSR}_7} \sim \chi_1^2$

mot relasjon 8: $\text{NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{12}}{\text{SSR}_8} \sim \chi_1^2$

Kjøres med TDC AUTO1.

$$13. \quad \ln\left(\frac{E}{F}\right)_t = k_0 + \varepsilon_t$$

1 parameter:

Forutsetter $\rho = 0$ i relasjon 12 eller

$a_0 = 0$ i relasjon 9 eller

$a_0 = 0$ i relasjon 10 eller

$a_1 = 0$ i relasjon 11 eller

$a_0 = k_3 = 0$ i relasjon 8

$$\text{testes mot relasjon 12: NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{13}}{\text{SSR}_{12}} \sim \chi_1^2 \text{ og}$$

$$\text{mot relasjon 9: NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{13}}{\text{SSR}_9} \sim \chi_1^2 \text{ og}$$

$$\text{mot relasjon 10: NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{13}}{\text{SSR}_{10}} \sim \chi_1^2 \text{ og}$$

$$\text{mot relasjon 11: NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{13}}{\text{SSR}_{11}} \sim \chi_1^2 \text{ og}$$

$$\text{mot relasjon 8: NOB} \cdot \ln \frac{\text{SSR}_{13}}{\text{SSR}_8} \sim \chi_2^2$$

LITTERATURLISTE

- Bjerkholt, O., Longva S., Olsen Ø. og Strøm S. (1983): Analyses of supply and demand of electricity in the Norwegian economy. Samfunnsøkonomiske studier 53, Statistisk Sentralbyrå.
- Blaalid J. og Olsen Ø. (1978): Etterspørselen etter energi. En litteraturstudie. Artikler 111, Statistisk Sentralbyrå.
- Bye T. (1982): Ressursregnskap - Nasjonalregnskap. Dokumentasjonsnotat nr. 1: Energiregnskapet. Interne Notater 82/32, Statistisk Sentralbyrå.
- Bye T. (1984): Resultater fra estimering av energisubstitusjon med ulike funksjoner og datagrunnlag. Interne Notater (under utgivelse), Statistisk Sentralbyrå.
- Berndt E. R. and D.W. Wood (1979): Engineering and Econometric Interpretations of Energy - Capital Complementarity. American Economic Review, Vol. 69.
- Berndt E. R. and Christen L. R. (1973): The Internal Structure of Functional Relationships: Separability, Substitution and Aggregation. Review of Economic Studies, Vol. 40.
- Christensen, L. R., D. W. Jorgensen and L. J. Lau (1973): Transcendental Logarithmic Production Frontiers. Review of Economics and Statistics. Vol. 55.
- Diewert, W. E. (1971): An Application of the Shephard Duality Theorem. A Generalized Leontief Production Function. Journal of Political Economy, Vol. 79.
- Diewert W. E. (1974): Applications of Duality Theory In Intriligator (1974).
- Fløttum E. J. (1980): Nasjonalregnskapet i Norge, System og beregningsmetoder. Samfunnsøkonomiske studier 45, Statistisk Sentralbyrå.
- Frenger, P. (1980): Import Share Functions in Input - Output Analyses. Rapporter 80/14, Statistisk Sentralbyrå.
- Frenger P. (1984): Energy Substitution with a Non-Homothetic Technology, (under utgivelse). Statistisk Sentralbyrå.
- Fuss M. A. (1977): The Demand for Energy in Canadian Manufacturing. An Example of Estimation of Production Structures with Many Inputs. Journal of Econometrics, Vol. 5.
- Fuss M. A. and D.Mc. Fadden (1978): Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications Volume 1, The Theory of Production North Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Hendry D. F. (1974): Stochastic Specification in an Aggregate Demand Model of the United Kingdom Econometrica, mai 1974.
- Koren P. (1981): Etterspørsel etter energi i norsk industri. Rapporter 81/22, Statistisk Sentralbyrå.
- Ljones A. (1982): Ressursregnskap for energi. Dokumentasjonsnotat nr. 4. Interne Notater 82/21, Statistisk Sentralbyrå.
- Longva S., Lorentsen L. og Olsen Ø. (1981) MSG-4E - Ligningssystem og variabeloversikt. Interne Notater 81/10, Statistisk Sentralbyrå.
- Longva S. og Olsen Ø. (1983a): Producer behavior in the MSG-model. Bjerkholt et.al. (1983).
- Longva S., Olsen Ø. og Rinde J. (1983b): Energy price sensitivity of the Norwegian economy. Bjerkholt et.al. (1983).
- Shephard R. W. (1953): Cost and Production Functions. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Stølen N. M. (1979): Substitusjonsmuligheter mellom energivarer, Rapporter 79/11, Statistisk Sentralbyrå.
- Uzawa H. (1962): Production Functions with Constant Elasticities of Substitutions. Review of Economic Studies, Vol. 29.
- Uzawa H. (1964): Duality Principles in the Theory of Cost and Production. International Economic Review, Vol. 5.
- Varian (1978): Microeconomic Analyses. New York. London (1978).

Trykt 1983


- Nr. 83/1 Naturressurser 1982 Foreløpige nøkkeltall fra ressursregnskapene for energi, mineraler, skog, fisk og areal Sidetall 62 Pris kr 15,00 ISBN 82-537-1837-3
- 83/2 Totalregnskap for fiske- og fangstnæringen 1978 - 1981 Sidetall 39 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1882-9
- 83/3 Therese Hunstad: Forbruk av fisk og fiskevarer i Norge 1979 En undersøkelse av fiskeforbruket i Norge i 1979 med bakgrunn i materialet fra momskompensasjonsordningen for fisk og fiskevarer Sidetall 25 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1904-3
- 83/4 Atle Martinsen og Hogne Steinbakk: Planregnskap for Rogaland 1981 - 1992 Hovedresultater Sidetall 42 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1902-7
- 83/5 Anne Mickelson og Hogne Steinbakk: Planregnskap for Akershus 1981 - 1992 Hovedresultater Sidetall 48 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1903-5
- 83/6 Asbjørn Aaheim: Norske olje- og gassreserver Nåverdberegninger og inndeling i kostnadsklasser Sidetall 28 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1911-6
- 83/7 Roar Bergan: Behandlingen av oljevirkosomheten i Byråets makroøkonomiske årsmodeller Sidetall 30 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1918-3
- 83/8 Arbeid og helse 1982 Sidetall 101 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1927-2
- 83/9 Radio- og fjernsynsundersøkelsen Februar 1983 Sidetall 118 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1928-0
- 83/10 Petter Frønger: On the Use of Laspeyres and Paasche Indices in a Neoclassical Import Model Om bruken av Laspeyres og Paasche indekser i en neoklassisk importmodell Sidetall 49 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1931-0
- 83/11 Øystein Olsen: MODAG-RAPPORT Etterspørselsfunksjoner for arbeidskraft, energi og vareinnsats Sidetall 38 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1935-3
- 83/12 Karl-Gerhard Hem: Energiundersøkelsen 1980 Sidetall 47 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1949-3
- 83/13 Jan Byfuglien og Ole Ragnar Langen: Grunnkretser, tettsteder og menigheter Dokumentasjon 1980 Sidetall 57 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1952-3
- 83/14 Even Flaatten: Barnevernsklienter og sosial bakgrunn Sidetall 61 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1989-2
- 83/15 Skatter og overføringer til private Historisk oversikt over satser mv. Arene 1970 - 1983 Sidetall 77 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1961-2
- 83/16 Erik Bjørn og Morten Jensen: Varige goder i et komplett system av konsumetter-spørselsfunksjoner - En modell estimert med norske kvartalsdata Sidetall 93 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1962-0
- 83/18 Jon Inge Lian: Fylkenes bruk av helseinstitusjoner Oversikt 1980 og forsøk på framskriving Sidetall 89 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1969-8
- 83/19 Redigert av Kjell Roland og Paal Sand: MODIS IV Dokumentasjonsnotat nr. 17 Endringer i utgave 80-1, 81-1 og 82-1 Sidetall 62 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1974-4
- 83/21 Arne S. Andersen og Rolf Aaberge: Analyse av ulikhet i fordelinger av levekår Sidetall 130 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1988-4
- 83/22 Asbjørn Aaheim: Kostnader ved ulike utbyggingsrekkefølger av vassdragsutbygginger En metodestudie Sidetall 27 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1986-8
- 83/23 Vidar Otterstad og Hogne Steinbakk: Planrekneskap for Sør-Trøndelag 1981 - 1992 Hovedresultat Sidetall 43 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1983-3
- 83/24 Otto Carlson: Pasientstatistikk 1981 Statistikk fra Det økonomiske og medisinske informasjonssystem Sidetall 70 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1991-4
- 83/25 Aktuelle skattetall 1983 Current Tax Data Sidetall 46 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-1990-6
- 83/26 Konsumprisindeksen Sidetall 57 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1998-1

Trykt 1983

- Nr. 83/27 Erik Biørn: Gross Capital, Net Capital, Capital Service Price, and Depreciation: A Framework for Empirical Analysis Sidetall 69 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1995-7
- 83/28 Jens-Kristian Borgan: Kohort-dødeligheten i Norge 1846 - 1980 Cohort Mortality in Norway Sidetall 200 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1997-3
 - 83/29 Nils Martin Stølen: Etterspørsel etter arbeidskraft i norske industrinæringer Sidetall 68 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2001-7
 - 83/30 Erling Siring: To notater om sammenlikning av data fra Fruktbarhetsundersøkelsen 1977 med data fra registre Sidetall 40 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2006-8
 - 83/31 Knut Fredrik Strøm: Varestrømmer i engros- og detaljhandel Sidetall 89 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2008-4
 - 83/32 Tor Skoglund og Knut Ø. Sørensen: Regionale strukturendringer belyst ved sysselsettingstall Sidetall 52 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2003-3
 - 83/33 Nils Martin Stølen: Importandeler og relative priser En MODAG-rapport Sidetall 62 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2010-6
 - 83/34 Totalregnskap for fiske- og fangstnæringen 1979 - 1982 Sidetall 39 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2013-0
 - 83/35 Holdninger til norsk utviklingshjelp 1983 Sidetall 81 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2014-9

Trykt 1984

- Nr. 84/1 Naturressurser og miljø 1983 Foreløpige nøkkeltall fra ressursregnskapene for energi, mineraler, skog, fisk og areal Sidetall 100 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1993-0
- 84/2 Torstein Bye: Energisubstitusjon i næringssektorene i en makromodell Sidetall 47 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2042-4
 - 84/4 Jon Age Vestøl: Kommunale avfallsbehandlingsanlegg Miljøstandard Sidetall 78 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2062-9
 - 84/7 Tiril Vogt: Social Indicators and Environmental Dimensions Sidetall 33 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2060-2
 - 84/9 Herdis Thorén Amundsen: Statistiske metoder for analyse av samvariasjon i kategoriske data Sidetall 228 Pris kr 24,00 ISBN 82-537-2074-2



Pris kr 12,00

Publikasjonen utgis i kommisjon hos H. Aschehoug & Co. og
Universitetsforlaget, Oslo, og er til salgs hos alle bokhandlere.

ISBN 82-537-2042-4
ISSN 0332-8422