Thomas C. Jensen, AKF 5. august 1994 /TJ

Empirisk undersøgelse af økonomiske forhold med betydning for godstransportens omfang og fordeling på transportformer.

1 Indledning

Dette indlæg er baseret på de første resultater fra et EFP-projekt finansieret af energistyrelsen med titlen "Økonomisk styring af energiforbruget i transporten". Arbejdet foregår i Amternes og Kommunernes Forskningsinstitut (AKF) og er endnu i en tidlig fase. Derfor må resultaterne tages med et vist forbehold. De endelige resultater ventes at foreligge i foråret 1995.

Formålet med projektet er bl.a. at besvare spørgsmålet om man kan ændre transportens omfang og sammensætning vha. økonomiske midler som fx afgifter. Hvordan reagerer transportefterspørgerne på ændringer i prisen på transport? Kan man ad afgiftsvejen ændre transportens omfang eller sammensætning på transportmåder og dermed nå et lavere energiforbrug?

Vores metode til besvarelse af disse spørgsmål er økonometrisk: Vi vil vha. estimationer med tidsserier på makroniveau prøve at vurdere transportefterspørgernes følsomhed overfor priserne på transport.

Udgangspunktet for projektet er at behandle godstransport og persontransport hver for sig, men af datamæssige grunde har vi hidtil arbejdet med *erhvervenes* samlede transportefterspørgsel uanset om det drejer sig om personer eller gods. Denne består dog hovedsageligt af efterspørgsel efter godstransport.

2 Modeloplæg

Indfaldsvinklen til arbejdet med erhvervenes transportefterspørgsel er, at vi betragter transportinput på linje med andre typer produktionsfaktorer som fx kapital og arbejdskraft. Vi åbner mulighed for substitution mellem både transport og de øvrige produktionsfaktorer og mellem de forskellige former for transport (tog, bil, skib etc.).

Ideelt burde udgangspunktet være at vælge en produktionsteknologi og antage profitmaksimering, der – når vi som her antager, at både erhvervenes produktionsniveau og alle priser er givne – er ækvivalent med omkostningsminimering. Denne ideelle model forlader vi dog hurtigt, idet den indebærer estimation af totale faktorefterspørgselsfunktioner for danske erhverv omfattende også efterspørgsel efter kapital, arbejdskraft mm. På den måde ville fokus i nogen grad blive drejet væk fra det egentlige emne.

I stedet har vi arbejdet med en sekventiel beskrivelse baseret på:

1) Ad-hoc efterspørgselsrelation for det samlede transportinput uanset type baseret på produktionens størrelse og transportprisen relativt til andre priser. Med ad-hoc menes, at der ikke ligger en stringent produktionsfunktion bag relationen. Der åbnes mulighed for teknisk betingede ændringer over tid.

2) Opsplitning af den samlede transportefterspørgsel på et antal transportmåder med en mere stringent specifikation baseret på antagelser om produktionsteknologien. Her vil de forklarende variabler være de relative priser på transportmåderne og den tekniske udvikling i form af tidstrends.

Når efterspørgslen på transportmåder således er bestemt, bestemmes energiforbruget ved tekniske koefficienter, som vi i første omgang vil tage for givne og undlade at modellere. Det kan diskuteres om energiforbruget er tættest knyttet til produktionen i faste priser, som det antages i vores oplæg, eller i højere grad til transport- eller trafikarbejdet.

Opsplitningen i de to trin ovenfor indebærer, at vi antager, at produktionsfunktionen er separabel mellem transportinputs og de øvrige inputs. Det vil sige at forholdet mellem inputtet af fx arbejdskraft og kapital ikke påvirker transportinputtets sammensætning.

Ovenstående skitse har vi anvendt på en række erhverv, der tilsammen udgør den samlede danske produktion. Konkret er det de 19 ADAM-erhverv, der er vores aggregeringsniveau. Grunden til opdelingen på erhverv er, at vi gerne vil kunne belyse de sammensætningeffekter, der kan forekomme i kraft af erhvervenes meget forskellige transportbehov samt at udskille erhverv for hvilke modelskitsen ikke kan anvendes. Det er ikke alle erhverv, der kan forventes beskrevet lige godt med denne skitse. Fx har Nordsøinvesteringerne betydet meget store skift i energiudvindingserhvervets transportbehov, som ikke kan forklares med priser og produktion.

Det skal understreges, at denne tilgang ignorerer eventuelle tekniske/praktiske forhindringer for overflytning fra én transportmåde til en anden. Der er tale om en analyse af de historiske effekter af prisforskydninger.

Modeloplægget kan i tilfældet med tre typer af transport − tog, bil og skib − som input illustreres for hvert erhverv ved følgende figur:

Figur 1 Modelskitse for transport og energiforbrug

```
+))))))))))),       +))))))))))),      +))))))))))))),
* Trans-     *      * Produktion*      * Pris på      *
* portpris   *      *           *      * øvrigt       *
* i alt      *      *           *      * input        *
*            *      *           *      *              *
.))))0))))))-       .)))))0)))))-      .)))))))))))))-
     *                   *
     *                   *
+))))2))),      +)))))))))2))))))))),
* Priser *      *                         * Ad-hoc
* på:    *      *    Samlet input         * efterspørgsels-
*-tog    *      *    af transport         * model
*-bil    *      *                         *
*-skib   *      *                         *
.))))0)))-      .)))))))))0)))))))))-
     *                   *
     *                   *
+))))2)))))))))))))))))))2)))))))))))))))))))))))),
* +))))))))))))),   +)))))))))))),   +)))))))))))),    * Faktorefter-
* *  Input       * *  Input af   * * Input af    *    * spørgsels-
* *  af          * *  bil-       * * skibs-      *    * model
* *  tog-        * *  transport  * * transport   *    *
* *  transport   * *             * *             *    *
* *              * *             * *             *    *
* .)))))0)))))))-   .))))))0))))))-   .))))))0)))))-    *
.)))))))3))))))))))))))))3))))))))))))))3)))))))))-
        *                *              *
        *                *              *
+)))))))3))))))))))))))))3))))))))))))))3)))))))),
* +)))))2)))))),    +))))))2))))),    +))))))2))))),    * Faste energi-
* *  Energi-     * *  Energi-    * *  Energi-    *    * koefficienter
* *  forbrug     * *  forbrug    * *  forbrug    *    *
* *  ved tog-    * *  ved        * *  ved        *    *
* *  transport   * *  bil-       * *  skibs-     *    *
* *              * *  transport  * *  transport  *    *
* .)))))))))))))-   .)))))))))))))-   .)))))))))))))-    *
.)))))))))))))))))))))))))))))))))))))))))))))))))-
```

Energipriserne kan her komme ind via deres betydning for prisen på de tre typer af transport. De kunne tænkes også at have effekt på energikoefficienterne fx via transporterhvervenes energiprisfølsomhed, men denne effekt omfattes ikke af analysen.

3 Konkret modellering

Trin 1 Det samlede transportinput

Beskrivelsen af det samlede transportinput på langt sigt sker i en ad-hoc relation, hvor vi har erstattet prisen på øvrigt input med prisen på output. Det kan vi tillade os, da transportinputtet i alle erhverv er ganske småt.

$$fXt \;=\; \alpha fX\left(\frac{pXt}{pX}\right)^{\beta} \tag{1}$$

Her er *fXt* transportinputtet i erhvervet i faste priser, *fX* erhvervets produktion i faste priser, *pXt* prisen på transportinput og *pX* prisen på erhvervets produktion. β er en priselasticitet og α en "normal" i-o koefficient (skalaparameter). Denne formulering sikrer prishomogenitet og konstant skalaafkast. I logaritmer bliver det, når der indlægges mulighed for en teknisk udvikling over tid i skalaparameteren:

$$\log(fXt) \;=\; a_0 \;+\; a_1 tid \;+\; \log(fX) \;+\; a_2 \log\left(\frac{pXt}{pX}\right) \tag{2}$$

Betragtes estimationen af relationen ovenfor som langsigtsrelationen i en Granger-Engle totrinsestimation, vil fejlkorrektionsligningen (step 2) i logaritmiske ændringer se således ud:

$$Dlog(fXt) \;=\; b_0 \;+\; b_1 Dlog(fX) \;+\; b_2 Dlog\left(\frac{pXt}{pX}\right) \;+\; b_3 res_{\;1} \tag{3}$$

Hvor res_{-1} er residualen fra estimation af trin 1 lagget én periode. På kort sigt er der ingen grund til at antage konstant skalaafkast.

Trin 2 Fordeling på transportmåder

Det samlede transportinput i de enkelte transportmodtagende erhverv, *fXt*, fordeles derefter med andele i *løbende* priser her specifikt på transportmidlerne tog, bil, skib med et trans-log (TL) system.[1)] Trans-log specifikationen hører til de såkaldte fleksible funktionsformer og kan udledes som en Taylor-approksimation til den "sande" funktionsform. Det fleksible ligger deri, at vi ikke som for fx CES-funktioner er nødt til at antage separabilitet (i form af nesting) mellem 2 af faktorerne og den tredje faktor. Trans-log specifikationen er valgt, mest fordi den er enkel og lineær i parametrene. Til gengæld besidder den kun omkostningsfunktionens pæne egenskaber

---

[1)] Se fx *Tae Hoom Oum* i *Journal of Transport Economics and Policy*, maj 1979: *Derived Demand for Freight Transport and Intermodal Competition in Canada*.

(som fx konkavitet i priser) i nærheden af rækkeudviklingspunktet. I projektet vil også en række andre funktionsformer blive afprøvet.

Markedsandelen i løbende priser udregnes som:

$$S_i \;=\; \frac{fXt_i \;\; pXt_i}{fXt \;\; pXt} \tag{4}$$

$$\begin{array}{ll} S_{tog} & a_{10} \;+\; a_{11}\log\left(pXt_{tog}\right) \;+\; a_{12}\log\left(pXt_{bil}\right) \;+\; a_{13}\log\left(pXt_{skib}\right) \;+\; a_{14}tid \\ S_{bil} & a_{20} \;+\; a_{21}\log\left(pXt_{tog}\right) \;+\; a_{22}\log\left(pXt_{bil}\right) \;+\; a_{23}\log\left(pXt_{skib}\right) \;+\; a_{24}tid \end{array} \tag{5}$$

På grund af sumrestriktionen, der siger at de tre inputs markedsandele skal summere til 1, kan vi nøjes med at opstille 2 trans-log relationer under antagelse om konstant skalaafkast:

Med symmetri ($a_{12} = a_{21}$, $a_{13} = a_{31}$ og $a_{23} = a_{32}$) og prishomogenitet ($a_{13} = -a_{11}-a_{12}$ og $a_{23} = -a_{21}-a_{22}$) pålægges restriktioner før estimationen. Dermed resterer i alt 7 parametre. Andelen for skib følger residualt som $1 - S_{tog} - S_{bil}$.

Man kunne også som ved trin 1 postulere tilpasningstid, men det ville i så fald kun omfatte eventuelle forskelle i tilpasningstid mellem transportmåderne, da det samlede transportinput er givet. Det er ikke forsøgt her, og dermed antager vi implicit, at tilpasningen er ens for de tre transportmåder.

Med udgangspunkt i de estimerede parametre kan egenpris- og krydspriselasticiteterne udregnes ved følgende formler:

egenpriselasticiteter: $e_{ii} = (a_{ii} - S_i)/S_i + S_i$
krydspriselasticiteter: $e_{ij} = a_{ij}/S_i + S_j$

Bemærk at komponenter med en lille markedsandel vil få relativt store priselasticiteter, da summen af komponenterne, *fXt*, er givet.

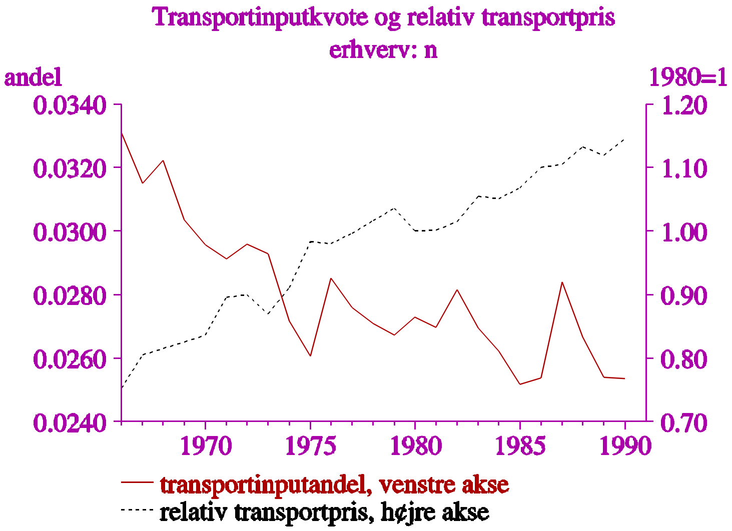
Som eksempel følger nedenfor beskrivelse af estimationer af både trin 1 og trin 2 for fremstillingserhvervet under ét ("n"-erhvervet), men inden da et kig på data for dette erhverv. Det skal erkendes, at en del af de øvrige erhverv empirisk opfører sig mindre pænt end dette, når ovenstående model anvendes.

4 Estimationsdata

Kilden til data er overalt input-output materiale fra nationalregnskabet 1966-90.

Trin 1 Det samlede transportinput

Først data til estimationen af det samlede transportinput i fremstillingserhvervet. Det skal bemærkes, at disse tal ikke omfatter den transportproduktion, der foretages *i* fremstillingserhvervet, men kun den købte transport.



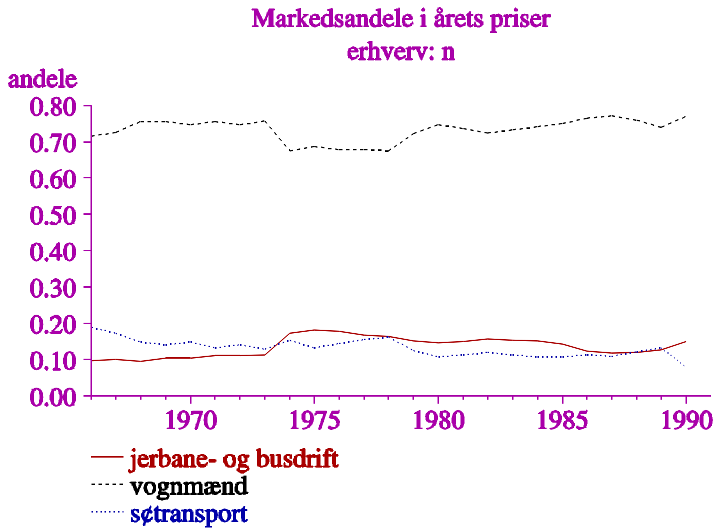
Transportinputandelen er lig *fXt*/*fX*, og den relative transportpris er lig *pXt*/*pX*. I perioder synes der at være en negativ korrelation mellem de to.

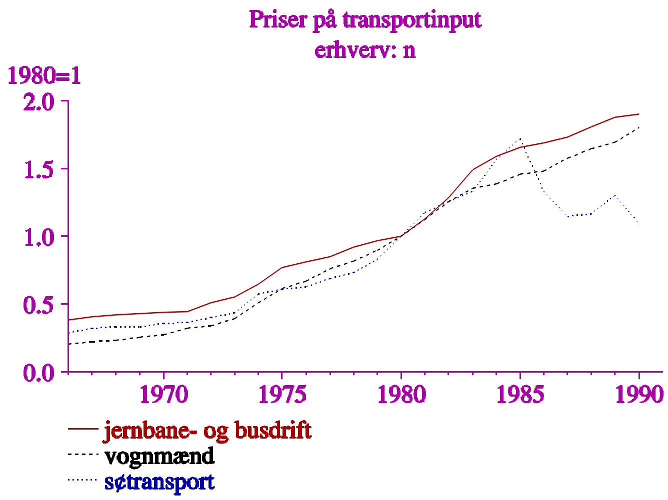
Trin 2 Fordeling på transportmåder

Data til trin 2 består af markedsandelene i årets priser og prisindeks for de tre transportmåder. Disse er desværre ikke fastlagt efter transportmåde, men efter leverende erhverv i nationalregnskabet. De tre erhverv er:

Jernbane- og busdrift mv. (inkl. DSB-færger)	"tog"
Turist-, taxi- og fragtvognmænd mv.	"bil"
Søtransport (inkl. øvrige færger)	"skib"

Markedsandelene, S_i, og priserne, pXt_i, har udviklet sig således:





Bilerne dominerer i hele perioden med en markedsandel på 70-80%, mens tog og skibe må dele de resterende 20-30%. Det kraftige relative fald i prisen på skibstransport efter 1985 ser ikke ud til at påvirke markedsandelene, hvorfor man må forvente en egenpriselasticitet for skib tæt på -1.

5 Estimationsresultater

Estimation af trin 1 er ligetil, idet vi her benytter Granger-Engles (OLS) totrins metode, men estimationen af trin 2 indebærer systemestimation af 2 ligninger med restriktioner på tværs af ligningerne. Dette er gjort i TSP med "LSQ"-ordren, som er en maximum likelihood procedure.

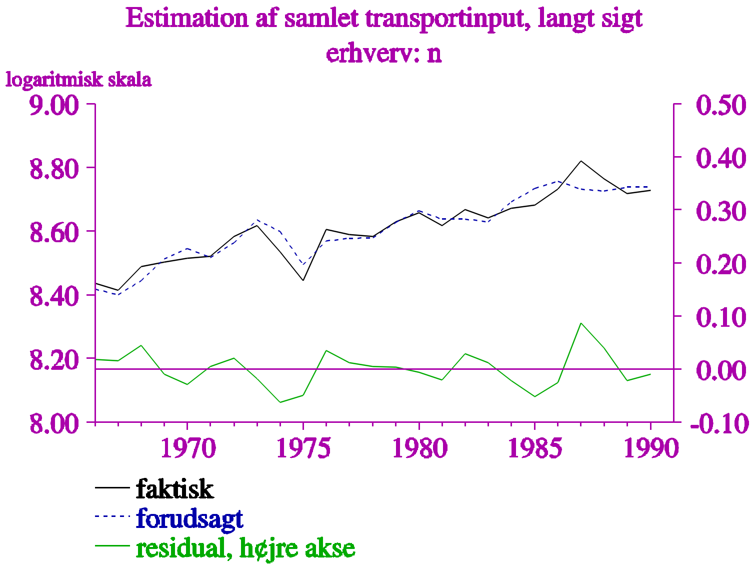
Trin 1 Det samlede transportinput

Tabel 1. Langsigtsrelationen (2), 1966-90 (t-værdier i parentes).

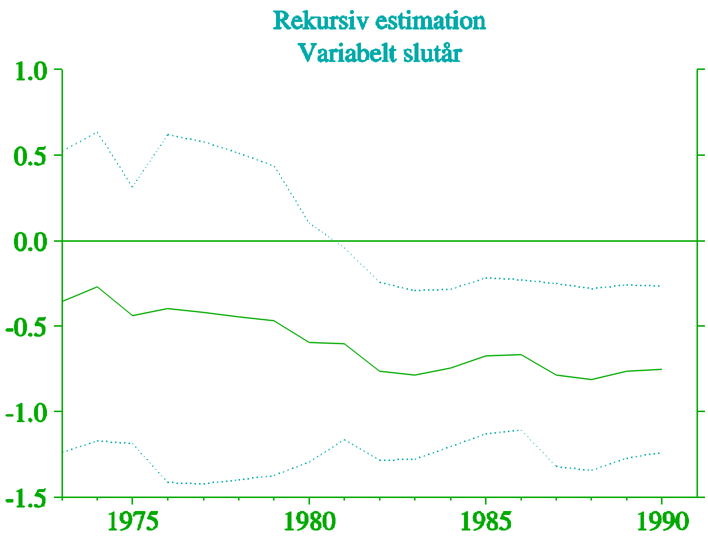
konstant	trend	pris		
a_0	a_1	a_2	s	DW
-3.60	0.003	-0.75	0.035	1.54
(-493.6)	(0.8)	(-3.2)		

Den høje DW-teststørrelse indikerer, at vi har fundet en langsigtet sammenhæng mellem inputkvote og de relative priser. Estimeres parameteren til produktionen, *fX*, i ligning (2) frit, fås et estimat på 0.73 med en spredning på 0.19. Hypotesen om konstant skalaafkast (parameteren lig 1) kan altså lige accepteres med et t-test på 5%-niveau. Under alle omstændigheder er konstant skalaafkast en så ønskelig egenskab, når modellen skal bruges til multiplikatoreksperimenter, at vi beholder den.

En langsigtet priselasticitet på -0.75 kan synes høj, hvis man tænker i en effekt grundet ændret lokalisering. Men for det første er lokaliseringseffekten formodentlig så træg, at den ikke får stor betydning for den periode på 25 år, der her analyseres, og for det andet kan der tænkes mindst to andre mekanismer, der giver denne effekt: 1) Indførelsen af større lagre kan sænke behovet for transporter af små ladninger og dermed transportbehovet i faste priser. 2) Erhvervene kan selv udføre transporten i stedet for at købe den, hvis det anses fordelagtigt.



Nedenfor følger 2 grafer, der beskriver estimationen. Først en sammenligning af den observerede og estimerede logaritme til transportinputtet og dernæst en graf med estimatet for priselasticiteten med 95% konfidensinterval som funktion af estimationens slutår. Generelt er parametrene i relationen rimeligt stabile.



Tabel 2. Fejlkorrektionsrelationen (3), 1967-90 (t-værdier i parentes).

konstant	produktion	pris	tilpasning		
b_0	b_1	b_2	b_3	s	DW
0.00	0.99	-0.86	-0.80	0.036	1.70
(0.4)	(4.0)	(-3.1)	(-3.5)		

De kortsigtede parametre ligner meget de langsigtede, og tilpasningen er meget hurtig. Især bemærkes det, at vi her også på kort sigt har konstant skalaafkast. Relationen bidrager dermed ikke væsentligt til forbedring af beskrivelsen i forhold til langsigtsrelationen.

Trin 2 Fordeling på transportmåder

Tabel 3. Fordeling af det samlede transportinput i fremstilling på tog, bil og skib.
Trans-Log estimationer (5), 1966-90.

tog							bil							skib		
priselasticitet 1990						1990	priselasticitet 1990						1990	priselasticitet 1990		
tog	bil	skib	trend	s	DW	S[1)]	tog	bil	skib	trend	s	DW	S[1)]	tog	bil	skib
-2.1	2.0	0.1	-.0028	0.016	0.76	0.15	0.4	-0.5	0.1	.0058	0.024	1.05	0.77	0.2	1.0	-1.2
(10)	(8.1)	(0.8)	(2.8)				(8.1)	(6.6)	(2.5)	(3.8)				(0.8)	(2.5)	(4.0)

[1)] S er markedsandelen i årets priser 1990.

T-værdierne i parentes er dannet under hypotesen, at priselasticiteterne (*ikke* de estimerede parametre) er lig 0.

Hæves prisen på togtransport med 1%, vil togtransporten målt i faste priser således falde med 2.1%, mens biltransporten og skibstransporten vil stige med hhv 0.4% og 0.2% – når den samlede transport er givet. Generelt peger estimationerne på, at der ser ud til at være substitution mellem tog og bil, men kun i ringe grad mellem skib og de øvrige transportmåder. Trendparametrene afspejler en (langsom) teknisk udvikling væk fra tog og skib hen imod lastbil.

6 Politikimplikationer

Som et eksempel på anvendelse af modellen kan vi betragte den langsigtede effekt på fremstillingserhvervet af en afgift, der fordyrer biltransporten med 10% (givet dataniveauet i 1990). Vi får da et fald i den samlede transportefterspørgsel på ca. 5.8% (trin 1) og dertil en omfordeling bort fra biltransport, således at den samlede effekt bliver en stigning for tog på 5.2% og et fald for bil på 8.5%, mens ændringen for skib er 0.0% − alt i faste priser.

Det må understreges, at disse resultater er meget foreløbige, og skal tages med stort forbehold.

Appendiks vedrørende udledning af trans-log funktionen:

Trans-log funktionen kan opfattes som en 2. ordens Taylor-approksimation til en vilkårlig omkostningsfunktion. Med tre faktorer og konstant skalaafkast ser den således ud, idet Y er produktionen, $C(P_i)$ er (minimums)omkostningerne og P_i er faktorpriserne:

$$\log(C) = \alpha_0 + \log(Y) + \sum_{i=1}^{3} \alpha_i \log(P_i) + \tfrac{1}{2}\sum_{i=1}^{3}\sum_{j=1}^{3} \alpha_{ij} \log(P_i \log P_j \qquad \textbf{(6)}$$

Symmetribetingelsen $\alpha_{ij} = \alpha_{ji}$ følger umiddelbart, da de to er parametre til den samme variabel, og dermed ikke kan identificeres hver for sig. Endvidere vil prishomogenitet kræve $\Sigma\alpha_i$=1, samt at matricen med α_{ij}'erne summer til 0 vandret (og dermed grundet symmetrien også lodret).

Nu anvendes Sheppards lemma, der siger at i optimum er faktorefterspørgslen efter faktor i lig omkostningsfunktionens 1. afledte mht. prisen på faktoren selv:

$$X_i = \frac{dC}{dP_i} \qquad \textbf{(7)}$$

Den kan ved at gange igennem med P_i/C omskrives til

$$\frac{dC/C}{dP_i/P_i} = \frac{P_i X_i}{C} = S_i = \frac{dlog(C)}{dlog(P_i)} \qquad \textbf{(8)}$$

idet S_i er omkostningsandelen eller "markedsandelen", og elasticiteten svarer til logaritmisk differentiation. Differentieres (6) mht. $\log(P_i)$ fås således med restriktioner:

$$\begin{aligned} S_1 &= \alpha_1 + \alpha_{11}\log(P_1) + \alpha_{12}\log(P_2) + (-\alpha_{11}-\alpha_{12})\log(P_3) \\ S_2 &= \alpha_2 + \alpha_{12}\log(P_1) + \alpha_{22}\log(P_2) + (-\alpha_{12}-\alpha_{22})\log(P_3) \end{aligned} \qquad \textbf{(9)}$$

– og S_3 fås som $1-S_1-S_2$.

Indlægges en trend i omkostningsfunktionen, vil den på samme måde optræde lineært i omkostningsandelsfunktionerne, således som det er tilfældet i estimationsligningerne (5).