

Modellering af udbudssiden i makroøkonometriske modeller

Resumé:

Der gives en gennemgang af, hvordan udbudssiden i bred forstand er modelleret i tre udvalgte makroøkonometriske modeller. Der lægges vægt på, hvilke antagelser, der er gjort om virksomhedernes adfærd, valg af teknologiantagelser, samt i hvilket omfang disse antagelser er ført konsistent igennem ved modellering af specielt faktorefterspørgsel og sektorpriser. Det undersøges specielt hvilken rolle en eventuel produktionskapacitet eller kapacitetsudnyttelse spiller.

Modellerne er valgt, fordi de repræsenterer væsensforskellige måder at indbygge udbudseffekter i makroøkonometriske modeller på. Der kunne have været gennemgået et langt større antal modeller; men mange af de modeller, der er i anvendelse i dag, kan betragtes som specialtilfælde af de tre viste. At fokusere på et begrænset antal væsensforskellige modeller vurderes desuden at være det mest frugtbare udgangspunkt for indledende diskussioner af, hvordan strukturen i udbudssiden i ADAM kunne formuleres.

g:\pbr\udbud1.pbr

Kodeord: Beskæftigelse, faktorefterspørgsel, produktionskapacitet, investeringer, sektorprisrelationer, produktionsfunktioner, udbudssiden.

0. Indledning

I det følgende gives en gennemgang af 3 makroøkonomiske modeller, der kan siges at repræsentere 3 forskellige måder at indbygge (dele af), hvad man i bred forstand betegner som udbudseffekter.

Det drejer sig om den hollandske **FREIA-KOMPAS**, der er seneste skud på stammen i den efterhånden lange serie af vintage-modeller fra det hollandske planlægningsbureau.

FREIA-KOMPAS er en traditionel efterspørgseldetermineret model; men profitabilitetsovervejelser kommer ind dels i nyinvesteringsrelationen og dels i fastlæggelsen af den optimale løbetid og dermed scrapning af kapitalapparatet. Produktiviteten endogeniseres via en antagelse om embodied arbejdskraft-effektiviserende tekniske fremskridt.

Den belgiske model **Maribel II** tager eksplicit udgangspunkt i det mikroøkonomiske fundament for de temporære fastprismodeller, således at de enkelte virksomheders produktion kan være begrænset af enten kvantitative restriktioner i form af effektiv efterspørgsel eller arbejdskraft eller af omkostninger forstået på den måde, at det ikke er optimalt for virksomhederne at udvide produktionskapaciteten, selv om der er vareefterspørgsel og arbejdskraft nok. I Maribel II er det hovedsagelig det faktum, at en andel af virksomhederne antages at være omkostningsbegrænsede, der gør at profitabilitet spiller en rolle.

I Maribel II tages udgangspunkt i en Cobb-Douglas teknologi; men putty-putty-egenskaberne modificeres på kort sigt, idet der postuleres gradvis tilpasning af faktor-produktiviteterne (tekniske koefficienter) til de optimale langsigtsnivauer.

OECD's **Interlink** tager også udgangspunkt i en putty-putty teknologi i form af en (nested) CES-produktionsfunktion; men postulerer kvasikonstante tekniske koefficienter, således at disse kun kan ændres i kraft af bruttoinvesteringer samt på den del af kapitalapparatet, der kan (det er optimalt), at retrofite. Herudover er Interlink rent efterspørgseldetermineret i sit udgangspunkt; men profitabilitetsovervejelser kommer ind bl.a. via virksomhedernes valg mellem at tilfredsstille en given efterspørgselsstigning ved lagerreduktion eller øget kapacitetsudnyttelse.

Der tages ikke i papiret stilling til, hvilket approach der ser mest lovende ud, og der er iøvrigt også andre.

Man kan sige at Maribel og Interlink kommer uden om besværlighederne ved vintage modeller ved at forudsætte trægheder i tilpasningen til de optimale faktorproportioner og her synes OECD's tilgang umiddelbart mest lovende (mest eksplicit). Omvendt er det svært at se, at OECD's måde at få profitabilitetsovervejelser til at spille en rolle på kan være konsistent. Spørgsmålet er, om der er nogen vej uden om modellering af regimer (blot i den helt simple form som i Maribel), hvis man ønsker den mekanisme, at i hvert fald nogen

virksomheder fastsætter deres produktion ud fra rene profitmaksimeringsovervejelser.

Der er naturligvis visse muligheder for at kombinere de 3 modeltypers komparative fordele. Fx var det måske en mulighed at kombinere den eksplicite behandling af regimer i Maribel med den mere tilfredsstillende modellering af de kvasikonstante tekniske koefficienter i Interlink eller måske endda med en vintageapproach.

I det følgende gennemgås de for nærværende problemstilling relevante dele af de 3 modeller. Det er søgt at ensrette notationen og gøre den mnemoteknisk, ligesom der også er søgt at være mere eksplicit i udledningerne og mere præcis mht. forudsætningerne end originalkilderne. Det betyder at fremstillingen her afviger - med få undtagelser - betragteligt fra den originale.¹

Det er bevidst undgået at diskutere estimationsproblemer, samt hvorvidt det er mest hensigtsmæssigt at "få fat i produktionsfunktionens parametre" via direkte estimation af produktionsfunktionen, via estimation af faktorefterspørgselsfunktioner eller via estimation af omkostningsfunktioner. Disse problemstillinger vil blive behandlet i senere notater.

¹1. udkast til papiret behandlede et noget større antal modeller i til gengæld noget mere overfladisk form. Det blev efter min mening præget af mange gentagelser. Derfor - bl.a. - er det valgt alene at fokusere på 3 væsensforskellige modeller.

1. FREIA-KOMPAS, jf. van den Berg (1987).

Freia-Kompas bygger på den lange hollandske tradition med clay-clay-vintage modeller, som blev grundlagt i begyndelsen af 70'erne af specielt den Hartog og Tjan, jf. fx den Hartog mfl. (1975).

Produktionskapaciteten beskrives vha. en limitational produktionsfunktion for hver kapitalårgang, hvor værditilvækst for den samlede private sektor er en funktion af kapitalapparat og beskæftigelse. Vareefterspørgslen bestemmer på traditionel vis den faktiske produktion, og kapacitetsudnyttelsen fastlægger den samlede beskæftigelse. Beslutninger om investeringer i øget produktionskapacitet - i modsætning til reinvesteringer, der modsvarer scrapning af de ældste årgange - beskrives i en ad-hoc relation, der ikke er udledt ud fra eksplicit omkostningsminimerende tilpasning til afsætningsforholdene. Investeringerne modelleres som funktion af relative afkast og forventet afsætning/efterspørgsel.

Kapacitetsudnyttelsen indgår i priser på endelig anvendelse samt i importfunktionen.

Det arbejde, der hidtil er udført i modelgruppen kan betragtes som en generalisering af den hollandske model.

1.1 Modellering af produktionskapacitet.

Produktionskapaciteten på årgang τ , $Y_{t,\tau}^N$ kan i periode t skrives som:

$$(1) \quad Y_{t,\tau}^N = hy_t \frac{1}{\kappa} (1+\xi)^\tau (1+\zeta)^t \Omega_{t-\tau} I_\tau$$

hvor hy_t = indeks for antal timer kapitalapparatet er i drift pr. år: $hy_t = (\text{antal arbejdsdage pr. år})^{0,78} (\text{antal arbejdstimer pr. dag})^{0,70}$

κ = kapitalkvoten på tidspunkt 0

ξ = konstant rate af indbyggede (embodied) kapitaleffektiviserende tekniske fremskridt

ζ = konstant rate af ikke indbyggede (disembodied) kapitaleffektiviserende tekniske fremskridt

$\Omega_{t-\tau}$ = teknisk overlevelseshandel, den andel af investeringerne fra periode τ , der ikke er afskrevet i periode t .

I_τ = investeringer i periode τ

Den samlede produktionskapacitet i periode t , Y_t^N fås som summen af (1) over samtlige årgange i anvendelse:

$$(2) \quad Y_t^N = hy_t \frac{1}{\kappa} (1+\zeta)^t \sum_{\tau=\nu_t}^t (1+\xi)^\tau \Omega_{t-\tau} I_\tau$$

hvor ν_t er den ældste årgang i anvendelse².

I Freia-Kompas er $\zeta = \xi = 0$ antaget, og (2) bliver derfor:

$$(2') \quad Y_t^N = hy_t \frac{1}{\kappa} \sum_{\tau=\nu_t}^t \Omega_{t-\tau} I_\tau = hy_t \frac{1}{\kappa} K_t$$

hvor $K_t \triangleq \sum_{\tau=\nu_t}^t \Omega_{t-\tau} I_\tau$ altså er det aggregerede kapitalapparat. Da der ikke ses bort fra indbyggede arbejdskrafteffektiviserende tekniske fremskridt, er der dog ikke megen mening i denne aggregering.

Den arbejdskraft, målt i antal fuldtidsbeskæftigede, der skal til for at operere årgang τ ved fuld kapacitetsudnyttelse er:

$$(3) \quad L_{t,\tau}^N = Y_{t,\tau}^N \frac{1}{\varphi ha_t (1+\mu)^\tau \left[\prod_{j=1}^t (1+\epsilon_j) \right]^{-1}}$$

hvor φ = arbejdsproduktiviteten i år 0

ha_t = indeks for effektiv arbejdstid, bestemt som
(antal dage pr. år)^{0,87}(antal arbejdstimer pr. år)^{0,70}

μ = konstant rate af indbyggede arbejdskrafteffektiviserende tekniske fremskridt

ϵ_j = ikke konstant rate af ikke indbyggede arbejdskrafteffektiviserende tekniske fremskridt

²Af hensyn til forklaringsgraden indføres der et konstantled i (2) som implicerer at gennemsnitlig og marginal kapitalkvote bliver forskellig. Der er også indført en række lag rundt omkring, bl.a. i investeringerne i (2). Disse komplikationer spiller ingen rolle for den generelle gennemgang, og vil derfor ikke blive medtaget i det følgende.

ϵ_j modelleres ved:

$$(4) \quad \epsilon_j = \beta_1 \alpha(L) D \ln(Y_{j-1}) + \beta_2 \gamma(L) (D \ln(W_{j-1}) - D \ln(P_{j-1}) - D \ln(ha_{j-1}))$$

hvor P og W er henholdsvis varepris og løn. $\alpha(L)$ og $\beta(L)$ er polynomier i lagoperatoren L. ϵ_j 's afhængighed af Y_j skal approximere effekter af indlæringskurver og skalaeffekter, mens afhængigheden af de reale arbejdskraftomkostninger skal udtrykke, at der i virkeligheden er muligheder for faktorsubstitution ex-post. De to sidste punkter er forsøg på at slippe rundt om de begrænsninger clay-clay-teknologiantagelsen lægger. Det kan undre, at man "tillader" ex-post substitution men ikke ex-ante substitution. Begrundelsen er formodentlig her, at putty-clay modeller er noget mere komplicerede at estimere.

Det samlede arbejdskraftbehov ved fuld kapacitetsudnyttelse er:

$$(5) \quad L_t^N = \frac{1}{\kappa} \frac{hy_t}{ha_t} \left[\varphi \prod_{j=1}^t (1 + \epsilon_j) \right]^{-1} \sum_{\tau=v_t}^t \Omega_{t-\tau} (1 + \mu)^{-\tau} I_\tau$$

Den ældste årgang i anvendelse fastlægges vha. en betingelse om, at alle årgange, der giver negativt dækningsbidrag, scrappes. Ikke nogen særlig rationel metode; men selvfølgelig mere rationelt end at lade dem blive konsekvent i produktion. Alternativt kunne man forsøge at beskrive, hvornår det var optimalt at substituere mellem gammelt og nyt kapitaludstyr, hvilket dog muligvis giver dataproblemer.

Vi får altså ν_t bestemt som den årgang, hvor dækningsbidraget er 0:

$$(6) \quad P_t Y_{t,\nu_t}^N = W_t L_{t,\nu_t}^N$$

hvilket giver, når udtrykket løses mht. ν_t :

$$(7) \quad \nu_t = \frac{\log\left(\frac{W_t}{P_t}\right) - \log(ha_t) - \log \varphi - \sum_{j=1}^t \log(1 + \epsilon_j)}{\log(1 + \mu)}$$

Den økonomiske levetid er altså $t - \nu_t$ på tidspunkt t:

$$(7') \quad t - \nu_t = \frac{t \log(1 + \mu) - \log\left(\frac{W_t}{P_t}\right) + \log(ha_t) + \log \varphi + \sum_{j=1}^t \log(1 + \epsilon_j)}{\log(1 + \mu)}$$

og det ses, at levetiden sænkes (scrapningen øges) ved lønstigninger, der ikke

overvæltet i vareprisen samt ved mindsket omfang af *ikke-indbyggede* arbejdskrafteffektiviserende tekniske fremskridt (ϵ_j). Levetiden sænkes også ved mindsket omfang af indbyggede tekniske fremskridt (μ).

Estimation af vintagemodeller er præget af problemer med ikke-observerbare variabler, for mange parametre og ikke-lineariteter³. I Holland "løser" man problemet med ikke-observerbar L_t^N ved at bruge observeret beskæftigelse i stedet. For fremstillingsvirksomhed findes der i Holland data for kapacitetsudnyttelsen, således, at Y_t^N kan beregnes for denne del af den private sektor. For den øvrige private sektor bruges toppunkterne i serien for produktionen (peak-to-peak-metoden).

Herefter estimeres modellen vha. grid-search kombineret med ikke-lineær OLS (NLSQ).

1.2 Beskæftigelsesrelationen.

Arbejdskraftefterspørgselen tilpasses partielt til den ønskede, hvor sidstnævnte er lig L_t^N korrigeret for kapacitetsudnyttelse. Kapacitetsudnyttelsen indgår dog med en koefficient mindre end 1, således at der finder labor-hoarding sted.

1.3 Investeringsfunktionen.

Aggregeringsniveauet for investeringer i maskiner samt i bygninger og anlæg følger stort set samme aggregeringsniveau som ADAMs. Reinvesteringerne fås direkte fra vintagemodellen, dels som tekniske afskrivninger, dels som økonomiske (scrapping). De kapacitetsudvidende investeringer finder sted på baggrund af forventet afsætning samt relativt afkast, dvs. afkast ved investering i nyt kapitalapparat i forhold til alternativ anbringelse i finansielle fordringer.

Forrentningen af en enhed kapitaludstyr af årgang t defineres som det forventede dækningsbidrag på årgangen i forhold til den effektive pris på kapitaludstyr, midt i planlægningsperioden, der er antaget at være 20 år:

$$(8) \quad r_K = \frac{P_t^e Y_{t+10,t}^N - W_t^e L_{t+10,t}^N}{P_{DK}}$$

hvor P_{DK} er den effektive pris på kapitaludstyr, der tager højde for dels skattemæssige afskrivninger, dels komplementaritet mellem maskin- og bygningsinvesteringer, og e betegner forventet værdi.

³Estimationsmetoder og -problemer vil blive gennemgået i et senere notat.

Indsættes udtryk for kapacitetsproduktion og -beskæftigelse fra hhv. (1) og (3) fås:

$$(9) \quad r_K = \frac{hy_t}{\kappa} \frac{\left[P_t^e - W_t^e \frac{1}{\phi ha_t (1+\mu)^t \prod_{j=1}^{t+10} (1+\epsilon_j)} \right]}{P_{DK}}$$

Bemærk, at overlevelseshandelen ikke indgår eksplicit, den må indfortolkes i P_{DK} , der approksimativt kunne skrives som:

$$(10) \quad P_{DK} = P_m^e (1+(d_m - dt_m))^{10} + \alpha P_b^e (1+(d_b - dt_b))^{10}$$

hvor d og dt betegner henholdsvis reelle og værdien af de skattemæssige afskrivninger for maskininvesteringer (m) og bygningsinvesteringer (b). P_m og P_b er de tilsvarende investeringspriser og α betegner de bygningsinvesteringer, der er nødvendige ved installation af 1 enhed maskinkapital.

Endelig antages, at reallønnen stiger med produktivitetsstigningerne, dvs. $\mu + \epsilon_j$, samt at det forventes, at samtlige priser vokser med samme rate. herefter kan (9) skrives:

$$(11) \quad r_K = \frac{hy_t}{\kappa} \frac{\left[P_t - \frac{W_t (1+\mu)^{10}}{\phi ha_t (1+\mu)^t \prod_{j=1}^t (1+\epsilon_j)} \right]}{P_m (1+(d_m - dt_m))^{10} + \alpha P_b (1+(d_b - dt_b))^{10}}$$

Selve afkastforskellen fås nu som:

$$(12) \quad r_{dif} = \overline{CU(K)} r_K - (1-tp)r_B - \pi$$

hvor $\overline{CU(K)}$ er den forventede normale kapacitetsudnyttelse, tp den marginale profitskattesats, r_B alternativrenten (den lange obligationsrente) og π en risikopræmie, der i Freia-Kompas er sat til 8 pct. pa.

Investeringsfunktionen er ikke udledt på baggrund af en eller anden form for tilpasning til ønsket kapitalapparat/produktionskapacitet, givet vareefterspørgs-

len; men effekterne kommer til at svare kvalitativt hertil. Funktionen for investeringer i maskiner kan let forenklet⁴ skrives som:

$$(13) \quad \frac{I}{K_{-1}} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{SK}{K_{-1}} \right) + \beta_2 f[r_{dif}, CU(K)] r_{dif} + \beta_3 d \log Y + \beta_4 [g(CU(K)) - \overline{CU(K)}]$$

hvor SK er skrapningen, $CU(K)$ den faktiske kapacitetsudnyttelse, g blot et polynomium i lagoperatoren og f en funktion, der sikrer, at en stigende afkastforskel, når denne er positiv, har en positiv effekt på investeringsomfanget, der afhænger af kapacitetsudnyttelsen.

Investeringsfunktionen betegnes som en fleksibel accelerator, idet det er vareefterspørgslen, der trækker investeringerne; men i et omfang, der afhænger af afkastforskellen. Afkastforskellen påvirker også direkte investeringsomfanget med en effekt, der afhænger af kapacitetsudnyttelsen.

1.4 Prisdannelsen.

Der modelleres ikke sektorpriser; men priser på endelig anvendelseskomponenter direkte. Priserne påvirkes dels af omkostningsfaktorer i form af enhedslønomkostninger, enhedskapitalomkostninger (user cost pr. produceret enhed) og omkostninger til importerede rå- og hjælpestoffer, og dels af efterspørgselsforholdene i form af priser på konkurrerende udenlandske produkter samt af kapacitetsudnyttelsen og ændringer i denne. Da prisrelationerne er specificerede i logændringer betyder det, at en kapacitetsudnyttelse over det normale (ønskede) fører til en konstant stigning i priserne. Denne mekanisme fører på længere sigt til tilpasning af kapacitetsudnyttelse til det ønskede niveau.

1.5 Im- og eksportfunktioner.

Eksporten er modelleret som traditionel efterspørgselsbestemt med øvrige landes eksport samt konkurrenceevne som forklarende variabler. Hertil kommer, hvad man må betegne som en udbudsfaktor - omend noget utraditionel, nemlig investeringskvoten i forhold til den sammenvejede investeringskvote for OECD-landene. Effekten betyder, at øgede investeringer i Holland medfører større eksportpotentiale, herunder bl.a. større evne til at udnytte pludselige stigninger i afsætningsmulighederne, og dermed generelt større eksport. En øgning i den hollandske investeringskvote på 1 pct.-point medfører en stigning i vareeksportvæksten på 0.35 pct. Importrelationerne er helt traditionelle svarende til ADAM's uden udbudseffekter.

⁴Der ses bort fra modifikationer som følge af forskel på marginal og gennemsnitlig kapitalkvot, ligesom den præcise lagstruktur ikke er vist.

2. MARIBEL II, jf. Bogaert mfl. (1990).

Maribel II er en forholdsvis ny model udviklet i det belgiske planlægningsbureau. Modellen er meget aggregeret, og planlægningsbureauet supplerer med Hermes-modellen til sektoranalyser.

Modellen er formuleret eksplicit som en temporær fastprismodel, således, at modellens sektorer på kort sigt kan være rationerede i enten udbud eller efterspørgsel. I en given periode kan produktionsomfanget være begrænset af:

- Utilstrækkelig effektiv efterspørgsel
- mangel på profitabelt kapitalapparat
- mangel på arbejdskraft

og opnåelse af en given produktion forudsætter derfor dels tilstrækkelig efterspørgsel, dels tilstrækkelige mængder af produktionsfaktorer samt at det er profitabelt at producere den pågældende mængde til de gældende faktor- og færdigvarepriser.

Da der er tale om en meget åben økonomi, forudsættes det realistisk, at vareefterspørgslen ikke kan være rationeret. Kan en given vareefterspørgsel af den ene eller anden grund ikke produceres indenlandsk, kan den importeres. Dette udelukker i princippet 2 af de 4 regimer en model med et arbejdsmarked og et varemarked kan befinde sig i, nemlig det klassiske arbejdsløshedsregime og undertrykt inflations-regimet; men det udelukker ikke eksistensen af klassisk arbejdsløshed, dvs. arbejdsløshed, der skyldes for lav profitabilitet ved at producere svarende til fuld beskæftigelsesniveauet. Lav profitabilitet betyder i det klassiske arbejdsløshedsregime, at det ikke er optimalt at udbygge kapitalapparatet og ansætte den nødvendige arbejdskraft for at møde den eksisterende vareefterspørgsel, dette resulterer i ledighed, men ikke i overefterspørgsel på varemarkedet, den dækkes af udlandet. I tilfældet, hvor vareprisen ikke tages for givet, kan klassisk ledighed altså forklares således, at en høj nominal løn fører til, at en pris, der ville gøre det profitabelt at dække vareefterspørgslen, ikke er konkurrencedygtig.

2.1 Aggregeret udbud, efterspørgsel og produktion.

Den faktiske produktion bestemmes som traditionelt i fastprismodeller som:

$$YT = \min\{YD, YP, YS\}$$

hvor YT er faktisk produktion

YD er den produktion, der skal til for at tilfredsstille den effektive efterspørgsel.

$YP = \kappa K_I$, dvs. maksimal produktion ved det eksisterende kapitalapparat, givet arbejdskraften ikke er nogen begrænsning.

$YS = \varphi LS$, dvs. maksimal produktion ved den eksisterende arbejdsstyrke, givet kapitalapparatet ikke er nogen begrænsning.

og κ og φ er de tekniske koefficienter. Denne minimumtransaktionsregel gælder for det enkelte marked; men for den samlede økonomi vil det typisk være sådan, at der er nogle markeder, hvor efterspørgslen er begrænsningen mens det på andre er faktorerne, der er begrænsningen, enten i form af mangel på arbejdskraft eller utilstrækkelig profitabel produktionskapacitet. Dette fører til, at man vælger følgende CES-"aggregator":

$$(14) \quad YT = [YD^{-\rho} + YP^{-\rho} + YS^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}$$

Beskæftigelsen er tilsvarende produktionen givet ved minimumtransaktionsreglen:

$$LT^* = \min\{LD, LP, LS\}$$

hvor LT^* = arbejdskraftefterspørgslen fra virksomhederne

LD = den beskæftigelse, der skal til for at producere YD ved det givne kapitalapparat

LP = den beskæftigelse, der skal til for at operere kapitalapparatet ved fuld kapacitetsudnyttelse

LS = arbejdsudbuddet

Det følger af (14) samt definitionen af de tekniske koefficienter, at vi kan skrive:

$$(15) \quad LT^* = [LD^{-\rho} + LP^{-\rho} + LS^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}$$

På grund af tilpasningsomkostninger, vil beskæftigelsen ikke kontinuert være tilpasset fuldt ud. Der vil finde labor-hoarding sted, og der gives mulighed for at LT kan afvige fra LT^* .

Virksomhederne antages at omkostningsminimere til givne faktorpriser i en CD-teknologi med konstant skalaafkast. Færdigvareprisen antages på langt sigt lig gennemsnitlige kapital- og lønomkostninger, således at der ikke er nogen overnormal profit. Denne konstruktion betyder, at langsigtsfaktorefterspørgs-

lerne kan findes (ud fra 1.-ordensbetingelserne) som om virksomhederne profitmaksimerede⁵ til givne faktor- og færdigvarepriser.

Idet produktionsfunktionen er:

$$(16) \quad Y = aL^\alpha K^{(1-\alpha)}$$

giver 1. ordensbetingelserne:

$$(17) \quad \begin{aligned} \frac{WL}{PY} &= \alpha \\ \frac{rK}{PY} &= (1-\alpha) \end{aligned}$$

hvor W er nominel løn, r usercost ved anvendelse af kapitalapparatet, L faktisk beskæftigelse (svarende til LT ovenfor) og Y faktisk produktion (svarende til YT ovenfor).

Disse betingelser er de velkendte, der siger, at α og $(1-\alpha)$ er henholdsvis lønnens og kapitalens omkostningsandel, hvor PY er de samlede omkostninger på langt sigt, sådan som prisfastsættelsen er forudsat at finde sted.

Det er valgt at arbejde med optimale faktorproduktiviteter og tilpasning til disse i stedet for at arbejde direkte med faktorefterspørgslerne. Det kræver lidt omskrivning.

Lad

$$CU(K) = \frac{YT}{YP}$$

betegne kapacitetsudnyttelsen af kapitalapparatet og

$$CU(L) = \frac{LT^*}{LT} = \frac{[YT/A]}{LT}$$

⁵At dette profitmaksimum ikke nødvendigvis eksisterer, eller hvis det gør ikke nødvendigvis er entydigt bestemt, skal ikke bekymre her. Bogaert forsynder sig ikke, og laver en noget mere kompliceret udledning. Alt hvad jeg ønsker at understrege her er, at løsningen kan findes *som om* der var tale om profitmaksimering.

være forholdet mellem teoretisk optimal og faktisk beskæftigelse. Da kan (17) skrives som:

$$(18) \quad \begin{aligned} \varphi &= \frac{1}{\alpha} \frac{W}{P} [CU(L)]^{-1} \\ \kappa &= \frac{1}{(1-\alpha)} \frac{r}{P} [CU(K)]^{-1} \end{aligned}$$

(18) udtrykker de faktiske gennemsnitlige faktorproduktiviteter, dvs. de resiprokke tekniske koefficienter, og de optimale faktorproduktiviteter kan derfor skrives som:

$$(19) \quad \begin{aligned} \varphi^* &= \frac{1}{\alpha} \frac{W}{P} [\overline{CU(L)}]^{-1} \\ \kappa^* &= \frac{1}{(1-\alpha)} \frac{r}{P} [\overline{CU(K)}]^{-1} \end{aligned}$$

hvor $\overline{CU(L)}$ og $\overline{CU(K)}$ er de ønskede niveauer for henholdsvis labor-hoarding og kapacitetsudnyttelse.⁶

2.2 Arbejdskraftefterspørgsel og -produktivitetsudvikling.

Det antages, at virksomhederne ikke på kort sigt kan tilpasse faktorproduktiviteterne til de ønskede niveauer. Selv om udgangspunktet er en CD-teknologi med mulighed for tilpasning af faktorproduktiviteter/tekniske koefficienter, antages disse at være mindre fleksible på kort sigt og at kunne beskrives ved en partiel tilpasningsmekanisme:

$$(20) \quad \varphi = (\varphi^*)^\lambda \varphi_{-1}^{(1-\lambda)}$$

Dette giver på forholdsvis simpel vis begrænsede tekniske substitutionsmuligheder på kort sigt, og stadig stigende substitutionsmuligheder jo længere tids-horizonten er. Man kunne fortolke dette som en smart måde, hvorpå man får kombineret vintage-modellens (clay-clay eller putty-clay) umiddelbare intuitive appeal med putty-putty-modellernes fortrin i simplicitet.

⁶Man kan undre sig over, at disse ikke begge er forudsat lig 1. Det ville være naturligt; men det nævnes ikke.

Laborhoarding finder sted pga. tilpasningsomkostninger, og den faktiske beskæftigelse φ' vil derfor afvige fra den optimale, givet de begrænsede substitutionsmuligheder:

$$(21) \quad \varphi' = CU(L)\varphi$$

Da $CU(L) = LT./LT$, og da det samtidig forudsættes, at tilpasningen til den optimale beskæftigelse sker vha. en partiel tilpasningsmekanisme:

$$LT = (LT^*)^v LT_{-1}^{(1-v)} \psi(CU(K))$$

hvor $\psi(CU(K))$ er en funktion af kapacitetsudnyttelsen, der antages at influere på graden af laborhoarding, kan (21) skrives som:

$$(22) \quad \varphi' = \left(\frac{LT^*}{LT_{-1}} \right)^{(1-v)} \psi(CU(K))^{-1} (\phi^*)^\lambda \phi_{-1}^{(1-\lambda)}$$

LT^* fås fra (15) og ϕ^* fra (19). (22) er på implicit form modellens beskæftigelsesrelation.

2.3 Investeringer og kapitalproduktivitet.

For kapitalproduktiviteten fås fuldstændig som i (20):

$$\underline{\kappa} \quad \kappa = (\kappa^*)^\lambda \kappa_{-1}^{(1-\lambda)}$$

hvor det bemærkes, at tilpasningshastigheden selvfølgelig er ens i beskæftigelsen og kapitalapparatet.

Det optimale kapitalapparat er:

$$(24) \quad K^* = \frac{YT^e}{\kappa^*}$$

idet YT^e er den forventede potentielle afsætning. (24) er ækvivalent med $\overline{CU(K)} = 1$.

Der forudsættes en simpel autoregressiv forventningsdannelsesmekanisme med eksponentielt aftagende vægte (adaptive forventninger):

$$(25) \quad \ln Y T^e = \alpha \sum_{i=0}^{\infty} (1-\alpha)^i \ln Y T_{-i}$$

som indsat i (24) giver:

$$(26) \quad d \ln K^* = \alpha (\ln Y T - \ln K_{-1}^* - \ln \kappa_{-1}^*) - d \ln \kappa^*$$

Det faktiske kapitalapparat forudsættes tilpasset vha. en fejlkorrektionsmekanisme:

$$(27) \quad d \ln K = \mu d \ln K^* + \nu (\ln K^* - \ln K_{-1})_{-1} + \zeta + \gamma$$

hvor ζ er en funktion af forskellige finansielle restriktioner og γ et konstantled. (27) er modellens investeringsfunktion, som i estimationsfasen udvides med en mere generel lagstruktur.

(22) og (23) estimeres simultant, når sidstnævnte er skrevet ud. Herefter kan modellens to udbudsbegreber $Y P$ og $Y S$ fastlægges, og den faktiske produktion $Y T$ bestemmes vha. (14). Den faktiske beskæftigelse -eksklusive laborhoarding- fås fra (15).

2.4 Prisdannelsen.

Som det var tilfældet i Freia-Kompas modelleres priser på endelig anvendelse direkte. Udgangspunktet er maksimering af forventet profit i en monopolistisk konkurrencesituation, givet efterspørgselsfunktionen efter virksomhedernes produkter.

For leverancer til indenlandsk anvendelse bliver resultatet mark-up på løn- og importvareomkostninger, hvor mark-up'en afhænger af den aggregerede efterspørgselselasticitet, samt af forholdet $(Y D / Y T)^{-\rho}$, der kan fortolkes som andelen af virksomheder, der er underkastet en efterspørgselsrestriktion.

Eksportpriserne antages at tilpasse sig til det internationale prisniveau på længere sigt, mens efterspørgselsforhold som ovenfor gør sig gældende på kort sigt. Der er, så vidt jeg kan se ikke noget, der sikrer, at de antagelser, der blev gjort under udledningen af virksomhedernes faktorefterspørgselsfunktioner, holder. Det blev der forudsat, at priserne på langt sigt var lig løn- og kapitalomkostninger uden overnormal profit.

2.5 Im- og eksportfunktioner.

Eksporten afhænger ikke af konkurrenceevnen; men er derimod udbudsbestemt i den forstand, at markedsandelen afhænger af, hvor profitabelt det er at eksportere målt ved eksportprisen i forhold til de gennemsnitlige løn- og kapitalomkostninger. Importen bestemmes residualt som den samlede efterspørgsel fratrukket den samlede produktion YT . Importen afhænger dog også af konkurrenceevnen, mekanismen er blot mere indirekte. En stigning i det indenlandske prisniveau fører til en faldende efterspørgsel efter indenlandsk producerede varer, hvorved andelen af efterspørgselsbegrænsede virksomheder stiger. Den faktiske produktion falder, jf. relation (14), og importen stiger -initialt tilsvarende.

3. INTERLINK, OECD, jf. HelliWell mfl. (1986).

OECD's INTERLINK-model er en model, hvor landemodeller linkes via udenrigshandelsstrømme og kapitalbevægelser.

Udbudsblokken i INTERLINK er formuleret for G7-landene, og blev i første omgang (Arthus (1983)) formuleret med udgangspunkt i en putty-clay teknologi. I den seneste udgave er denne tilgangsvinkel forladt til fordel for, hvad Helliwell mfl. betegner som en putty-semi-putty teknologi. Den oprindelige model ikke forecastede ret godt ex-post. En af begrundelserne herfor antages at være, at der sker en hel del ex-post-faktorsubstitution, specielt for så vidt angår kapital/energiforholdet, som jo har været meget i søgelyset, og det er en af hovedårsagerne til, at man oprindeligt lagde stor vægt på at få formuleret produktionsfunktionerne eksplicit. Mulighederne for ex-post substitution på et eksisterende kapitalapparat går lige fra forbedret isolering over direkte ombygning (fx i form af udskiftning til mere økonomiske brændere) til proceskontrol og simple ændringer i organiseringen af produktionsprocessen.

3.1 Produktionsteknologien

Produktionsfunktionen er en nested CES med kapital, arbejdskraft og energi som produktionsfaktorer - en såkaldt KLE-produktionsfunktion. Kapital og energi indgår i den indre CES-struktur. Dette kapital-energi-aggregat indgår derefter i den ydre CES-struktur sammen med arbejdskraft. Der er dermed substitution mellem samtlige produktionsfaktorer med konstant men forskellig substitutionselasticitet. Venstresidevariablen er BFI for fremstillingserhverv plus energiforbrug. Der er indført Harrod-neutrale tekniske fremskridt $\gamma(t)$, således at produktionsfunktionen kan skrives som (dateringen er udeladt)⁷:

$$(28) Y+E = A \left[\delta_{KEL} \left[\delta_{KE} K^{-\rho_{KE}} + (1-\delta_{KE}) E^{-\rho_{KE}} \right]^{\rho_{KEL}/\rho_{KE}} + (1-\delta_{KEL}) (\gamma(t)L)^{-\rho_{KEL}} \right]^{-1/\rho}$$

hvor variabelbetegnelserne giver sig selv. $\sigma_{KE} \triangleq \frac{1}{1+\rho_{KE}}$ er substitutionselasticiteten mellem kapital og energi og $\sigma_{KEL} \triangleq \frac{1}{1+\rho_{KEL}}$ er substitutionselasticiteten mellem kapital-energiaggregatet og arbejdskraft. Der er, som det ses, forudsat konstant skalaafkast.

Nestningen betyder, at produktionsfunktionen er strengt separabel i KE-aggregatet og arbejdskraft, således, at det optimale E/K-forhold kan findes alene

⁷Denne antagelse, der normalt hentes ud af den blå luft, forsvares med, at der gennem tiden er sket en jævn stigning i den reale aflønning af arbejdskraften, men den reale aflønning af kapital har været forholdsvis konstant.

afhængigt af prisen på energi PE og usercost på kapital UCK men uafhængigt af priser på de øvrige produktionsfaktorer, i dette tilfælde alene arbejdskraft.

Omkostningsminimering til givne faktorpriser giver flg. optimale faktorfor-

$$(29) \quad \left(\frac{E}{K}\right) = \left[\frac{(1-\delta_{KE})UCK}{\delta_{KE}PE}\right]^{\sigma_{KE}}$$

hold:

som i en putty-putty teknologi permanent kan realiseres.

I en putty-clay teknologi kan den optimale faktorproportion alene vælges på den nye del af kapitalapparatet, dvs. på *bruttoinvesteringerne*:

$$(30) \quad \left(\frac{E}{K}\right) = \left(\frac{E}{K}\right)_{-1} (1-RSK) + \left[\frac{(1-\delta_{KE})UCK}{\delta_{KE}PE}\right]^{\sigma_{KE}} \frac{IB}{K_{-1}}$$

hvor RSK er scrapningsraten og IB er bruttoinvesteringerne. Strengt taget forudsætter den simple formulering af scrapningsraten, at scrapningen er procentvis den samme på samtlige kapitalårgange.

Ingen af disse tilgange vælges i INTERLINK, der vælges derimod en generalisering, der har både putty-putty og putty-clay teknologierne som specialtilfælde. Det antages, at en (konstant) andel af det eksisterende kapitalapparat kan *retrofittes* på den specielle måde, at denne andel kan ombygges så den har præcis den faktorproportion, der er optimal for det nye kapitalapparat. Implicit i formuleringen ligger ikke alene, at en sådan ex-post substitution er teknisk mulig; men også at den er optimal. Det ville altså være mere reelt at sige, at det forudsættes, at det er optimalt at retrofitte en konstant andel af det eksisterende kapitalapparat. Kaldes denne andel RFF, fås derfor:

$$(31) \quad \left(\frac{E}{K}\right) = \left(\frac{E}{K}\right)_{-1} (1-RSK-RFF) + \left[\frac{(1-\delta_{KE})UCK}{\delta_{KE}PE}\right]^{\sigma_{KE}} \left(\frac{IB}{K_{-1}} + RFF\right)$$

Bemærk, at (31) er en generalisering, der indeholder både (29) og (30) som specialtilfælde. Hvis $RFF=0$ i (31) fås præcis putty-clay-tilfældet (30), hvilket ikke er overraskende, da vi så har antaget, at faktorproportionerne kun kan ændres på den nye andel af kapitalapparatet. Sættes $RFF+RSK$ derimod lig 1,

således at den del af kapitalapparatet, der ikke scrappes, kan retrofittes, fås præcis putty-putty-tilfældet⁸.

Relation 31 estimeres vha. grid-search, hvilket dog ikke er nødvendigt, hvis man er villig til at anvende ikke-lineær estimation (OECD fastsætter nemlig δ_{KE} udenfor denne relation).

Efter at have estimeret parametrene i den indre CES-funktionen kan parametrene i den ydre CES-funktion estimeres i næste trin, og den samlede produktionsfunktion kan opskrives. Produktionskapacitet som en absolut begrænsning eksisterer naturligvis ikke i en funktion med delvis putty-putty-egenskaber. Derimod fastsættes, hvad betegnes som normalproduktion, dvs. produktion ved optimal udnyttelse af produktionsfaktorerne.

Givet KE-aggregatet fra 1. trin kan det optimale forholde mellem KE og L (målt i effektivitetsenheder) findes på tilsvarende måde som ovenfor, og vi får:

$$(32) \quad \left(\frac{\gamma(t)L}{KE} \right) = \left[\frac{(1-\delta_{KEL})P_{KE}}{\delta_{KEL} \frac{W}{\gamma(t)}} \right]^{\sigma_{KEL}}$$

som svarer til (29), altså putty-putty-teknologien hvor de aktuelle faktorproportioner permanent realiseres.

Da det imidlertid er antaget, at de optimale faktorproportioner - pga. kapitalapparatets iboende "putty-clay" - træk - kun kan opnås/er optimale at implementere på bruttoinvesteringerne samt RFF-andelen af det eksisterende kapitalapparat, forekommer det rimeligt at antage, at dette gælder såvel K-E valget som KE - L valget. Vi får dermed svarende til (31):

$$(33) \quad \left(\frac{\gamma(t)L}{KE} \right) = \left(\frac{\gamma(t)L}{KE} \right)_{-1} (1 - RSK - RFF) + \left[\frac{(1-\delta_{KEL})P_{KE}}{\delta_{KEL} \frac{W}{\gamma(t)}} \right]^{\sigma_{KEL}} \left(\frac{IB}{K_{-1}} + RFF \right)$$

som kan estimeres direkte, når $\gamma(t)$ -funktionen er specificeret, fx som

⁸Hvis (30) og (31) skal kunne betragtes som vejede gennemsnit af det historiske og det optimale faktorforhold, skal 2. led i de to udtryk skaleres ned med K_t/K , hvilket også - ikke særlig overraskende - er en betingelse for at (29) og (30) kan betragtes som specialtilfælde af (31). Dette problem overses, så vidt jeg kan se i Helliwell m.fl., der iøvrigt formulerer optimalitetsbetingelserne direkte på energiefterspørgslen.

$\gamma(t) = e^{\gamma t}$ dvs. en antagelse om kontant vækst i arbejdsproduktiviteten givet konstant indsats af samtlige produktionsfaktorer. Hermed er alle parametre i produktionsfunktionen estimeret, blot er det inefficiant at estimere (32) og (33) hver for sig, da der er fælles parametre (RFF).

OECD estimerer ikke en relation som (32) eller (33) og diskuterer ikke hvordan KE - L -forholdet bestemmes. Derimod estimeres en direkte sammenhæng mellem produktion og arbejdskraftefterspørgsel, den optimale arbejdskraftproduktivitet:

$$(34) \quad \left(\frac{Y+E}{\gamma(t)L} \right) = A \left[\frac{W/\gamma(t)}{P_Y} \right]^{\sigma_{KE L}}$$

hvor P_Y er BFI-deflatoren. (34) rummer i denne sammenhæng flere problemer. For det første er valg af BFI-deflator underligt, al den stund venstresidevariablen er BFI + energiforbrug. For det andet fås (34) som løsning til profitmaksimeringsbetingelsen for givne faktorpriser. Det er velkendt at et sådant profitmaksimum (i en model med konstant skalaafkast) enten er $Y=0$, indetermineret i intervallet $[0; \infty]$ eller ikke eksisterende.

Man kan relativt let udlede pendenten til (34) fra omkostningsminimering. Man får da:

$$(35) \quad \left(\frac{Y+E}{\gamma(t)L} \right) = A \left[\frac{W/\gamma(t)}{P_{KE}} \right]^{\sigma_{KE L}}$$

Færdigvareprisen spiller naturligvis ikke nogen rolle for virksomhedens optimeringsproblem, forudsat at produktionsniveauet er givet og en effektiv restriktion for virksomheden.

For det tredje er både (34) og (35) vel i strid med selve oplægget om begrænsede faktorsubstitutionsmuligheder på kort sigt. Både (34) og (35) forudsætter, at det er muligt/optimalt at tilpasse arbejdskraftproduktiviteten øjeblikkeligt til det optimale langsigtsniveau. Sagt på en anden måde: Den substitutionselasticitet, der står i (34) og (35), er netop den, vi i (33) siger kun gælder på langt sigt; på kort sigt er den mindre og netop begrænset af bruttoinvesteringer og retrofittingsgrad.

Givet at parametrene i produktionsfunktionen er bestemt, defineres produktionskapaciteten Y^* ud fra produktionsfunktionen med *faktisk* KE-bundt og

faktisk beskæftigelse målt i effektivitetsenheder. Dette kan fortolkes som produktionskapacitet ved normal/faktorudnyttelse, idet der ikke er korrigeret for eventuelle variationer i antal timer, som kapital og arbejdskraft anvendes.

På grund af fysiske begrænsninger såvel som tilpasningsomkostninger i bred forstand kan faktisk produktion afvige fra produktionskapaciteten. Virksomhedens problem på kort sigt er, om en given ændring i efterspørgslen efter færdigvaren skal mødes med en lagerændring eller en ændring i kapacitetsudnyttelsen. OECD antager på den baggrund, det kapacitetsudnyttelsen er bestemt af:

- + Efterspørgslen efter udenlandske producerede varer
- + Profitabiliteten målt ved færdigvarepris i forhold til enhedsomkostninger (gennemsnitlige/marginale?)
- Aktuel lagerbeholdning i forhold til den ønskede.

hvor +/- angiver det forventede fortegn i estimationen. Variablerne indgår multiplikativt, således at en efterspørgselsstigning tilfredsstilles ved øget produktion i et omfang, der afhænger af profitabilitet og lagersituation.

Formuleringen af produktionsbeslutningen er altså en "smart" måde at få profitabiliteten til at spille en rolle i en model, der ellers umiddelbart er udledt som en forholdsvis traditionel efterspørgselsdrevet model.

Fordelen ved OECD's specifikation er, at man slipper for at formulere de forskellige produktionsbegreber svarende til de forskellige regimer eksplicit og derefter evt. veje dem sammen, sådan som det er tilfældet i Maribel 2. Problemet må være, at det står skralt til med teorigrundlaget.

Det må være nogle forholdsvis skizofrene producenter, OECD arbejder med: I udledning af faktorefterspørgslerne forudsættes produktionen efterspørgselsbestemt, mens den faktiske produktionsbeslutning alligevel antages at ligge hos producenten, når kapacitetsudnyttelsen skal bestemmes. En mere venlig fortolkning er måske, at den langsigtede produktionsudvikling antages efterspørgselsbestemt, mens den kortsigtede antages udbudsbestemt. Det er vel i så fald præcis modsat af, hvad folk, der taler om udbudsbestemt produktion, normalt forestiller sig.

3.2 Investeringsrelationen

Det optimale kapitalapparat kunne udledes direkte på baggrund af produktionsfunktionen, givet forventninger til den fremtidige afsætning, således som det er vist ovenfor, hvorefter der kunne formuleres en gradvis tilpasning hertil, der afspejler mulighederne for at ændre kapitalapparatets struktur i form af bruttoinvesteringer og retrofitting.

OECD udleder det optimale K/Y-forhold på baggrund af produktionsfunktionen men uden hensyn til de der formulerede kvasikonstante tekniske koefficienter. Den forventede fremtidige produktion er givet som en sammenvejning af faktisk produktion og kapacitetsproduktion korrigeret for profitabilitet, hvilket fortolkes som det profitable fremtidige produktionsniveau.⁹ Produktet af optimalt K/Y-forhold og "forventet" produktion er naturligvis det optimale kapitalapparat. Investeringsfunktionen fås nu vha. en partiel tilpasningsmekanisme til det ønskede kapitalapparat.

Den endelige specifikation bliver en blanding af Tobins q-teori og den traditionelle acceleratormodel med et fejlkorrektionsled, der sikrer, at hvis kapitalapparatet forrentes til "normalrenten" (= gennemsnittet i den historiske periode), så vil det tilpasses således, at det kan producere den forventede produktion ved optimal kapacitetsudnyttelse.

3.3 Beskæftigelsesrelationen

Den ønskede beskæftigelse udledes direkte ud fra produktionsfunktionen (28), givet den forventede produktion, det ønskede kapitalapparat og det optimale K-E-forhold.

Den faktiske beskæftigelse udledes som partiel tilpasning til det ønskede niveau fuldstændig svarende til kapitalapparatet, og igen - så vidt jeg kan se - uden konsistens med de kvasikonstante tekniske koefficienter.

3.4 Prisrelationen

Dualt til produktionsfunktionen (28) fås en omkostningsfunktion, der implicit forudsætter øjeblikkelig faktortilpasning og dermed giver det langsigtede omkostningsniveau. Tilsvarende kan faktiske gns. enhedsomkostninger, der tager hensyn til begrænset faktorsubstitution på kort sigt, naturligvis beregnes direkte.

Deflatoren på BFI + Energiforbrug forklares herefter af *begge* omkostningsbegreber, importpriser (bla. begrundet i konkurrence fra udenlandske producenter) samt kapacitetsudnyttelsen. Det er yderligere forsøgt at inkludere afvigelse i lagerbeholdningen fra gennemsnittet; men variabelen havde intet forklaringsbidrag - givet de øvrige forklarende variable.

Prisrelationen kan betragtes som en mark-up på enhedsomkostningerne, hvor mark-up'en afhænger af kapacitetsudnyttelsen og hvor der udover de kortsigtede

⁹Igen kommer profitabilitetsovervejelser ind i produktionsbeslutningen ad bagdøren og i direkte strid med grundlaget for udledningerne af de faste proportioner, der danner grundlag for estimation af produktionsfunktionens parametre.

de omkostninger også indgår hensynet til omkostningsniveauet på langt sigt. Prisrelationen er homogen af første grad i begge omkostningsbegreber og konkurrentpriser på langt sigt.

Litteratur:

- Arthus, Patric, 1983. Capital, Energy and Labour Substitution: The Supply Block in the OECD Medium Term Models. *OECD Working paper no. 2*.
- Bank of Finland, 1990. *The BOF4 Quarterly Model of The Finnish Economy*.
- Berndt, Ernst R. and David O. Wood, 1979. Engeneering and Econometric Interpretations of Energy-Capital Complementarity. *American Economic Review*, p. 342-354.
- van den Berg, P. J. C. M., G. M. M. Gelauff and V. R. Okker, 1987. *The FREIA-KOMPAS model for the Netherlands: A quarterly macroeconomic model for the short and medium term*. Central Planning Bureau occational papers no. 39.
- Bogaert, H., T. de Biolly and J. Verlinden, 1990. A Disequilibrium Model of the Belgian Economy. *Economic Modelling*, p. 310-375.
- Brayton, Flint and Eileen Mauskopf, 1985. The Federal Reserve Board MPS quarterly econometric model of the US economy. *Economic Modelling*.
- Eckstein, Otto, 1982. *The DRI Model of the U.S. Economy*. McGraw-Hill.
- den Hartog, H., Th. C. M. J. van de Klundert and H. S. Tjan, 1975. The structural development of employment in relation to the whole economy. *CB reprint no. 152, Central Planning Bureau*.
- den Hartog, H., 1984. Empirical Vintage Models for the Netherlands: A Review in Outline. *De Economist*, p. 326-349.
- Helliwell, John, Peter Sturm, Peter Jarret and Gèrard Salou, 1986. The supply side in the OECD's macroeconomic model. *OECD Economic Studies no.6*, p. 75-131.
- Oulton, Nicholas, 1988. Productivity, Investment and Scrapping in UK manufacturing: A Vintage Capital Approach. *National Institute, Discussion Paper No. 148*.
- Varian, Hall R., 1978. *Microeconomic Analysis*. W. W. Norton and Company, Inc.