Arbeidsnotater

STATISTISK SENTRALBYRÅ

Dronningensgt. 16, Oslo-Dep., Oslo 1. Tlf. 41 38 20

IO 75/45 5. desember 1975

INVESTERINGSANALYSE - EN OVERSIKT OVER NOEN MODELLOPPLEGG

Av

Erik Biørn

INNHOLD

1. INNLEDNING. OVERSIKT

I dette notatet vil vi presentere og diskutere en del modellopplegg for analyse av private bedrifters investeringsadferd. Investeringsteori regnes som et av de mer kompliserte områder av makroøkonomisk teori, og innsikt i denne teorien er nødvendig om vi skal ha håp om ved økonometrisk metodikk å etablere rimelig stabile relasjoner til beskrivelse av investeringsutviklingen. Det konkrete mål er å få holdepunkter for hvorledes relasjonssystemet i Statistisk Sentralbyrås modellsystem MODIS bør revideres for å få endogenisert de viktigste komponenter av den private investering på en tilfredsstillende måte. Situasjonen i dag er at investeringsvolumet, sammen med en rekke andre makroøkonomiske variable, bestemmes eksogent av modellbrukeren ved ad hoc-analyser utenfor modellen.

Det eksisterer flere "konkurrerende" teorier til forklaring av investeringsaktiviteten. Ingen er alment akseptert, og uenigheten mellom de forskjellige "skoler" synes å være forholdsvis stor. Noen teorier trekker "realøkonomiske" variable, i første rekke produksjons- og etterspørselsutviklingen, frem som de grunnleggende investeringsmotiverende variable, andre legger hovedvekten på investeringsomkostningene, rentenivået eller investeringens avkastning (rentabilitet) målt på en eller annen måte. Atter andre betoner viktigheten av monetære variable, i første rekke kredittvariable. Betydningen av forventnings- og treghetsmekanismer (lag-effekter) er også et omdiskutert tema. Sist, men ikke minst, hersker det uenighet om hvilken vekt henholdsvis etterspørsels- og tilbudssiden av kapitalvaremarkedet skal tillegges i forklaringen av den faktiske investeringsutvikling.

Nøkternt vurdert må en vel kunne si at alle momenter som disse teoriene trekker frem (og flere til) er av betydning, og en kan i prinsippet forestille seg at de kan ivaretas i en omfattende simultan modell. Denne ville trolig bli meget omfangsrik og komplisert. For å få en modell av en slik størrelse og kompleksitet at en skal ha håp om å hanskes med den empirisk, vil det måtte foretas forenklinger. Divergerende oppfatninger mellom de forskjellige "skoler" kan betraktes som uenighet om hvilke forenklinger i forhold til et slikt tenkt "idealskjema" som vil vise seg mest fruktbare. Dels kan det være spørsmål om å rankere de investeringsbestemmende faktorer etter viktighet, dels spørsmål om å finne en hensiktsmessig analytisk representasjon av de grunnleggende faktorer og mekanismer en har festet seg ved.

Presentasjonen av de teorier vi vil ta for oss i dette notatet, har vi valgt å fordele på fem kapitler. I kapittel 2 anføres noen grunnleggende synspunkter og begreper ved investeringsanalyse, og det etableres noen sentrale økosirkrelasjoner. Kapittel 3 diskuterer modeller med den såkalte neoklassiske teori for produsentadferd som felles utgangspunkt. Vi starter med teorien i dens opprinnelige form og tar dernest for oss modifikasjoner i to retninger. Den ene består i to-trinnstilpasning med utgangspunkt i begrepet "ønsket" kapital, den annen i at investeringsomkostningene varierer ikke-lineært med investeringsvolumet. Forskjellige modellvarianter betraktes. I kapittel 4 forsøker vi å utlede en investeringsrelasjon på grunnlag av en årgangsmodell ("putty-clay"-modell) for produsentadferd og undersøker hvilke forskjeller denne teorien gir i tilpasningen i forhold til det enkle neo-klassiske skjema. Sammenhenger mellom realinvestering og kreditt og modellmessig representasjon av enkle former for kredittrasjonering er emnet for kapittel 5. I kapittel 6 diskuteres så til slutt modeller hvor investeringsvolumet og investeringsprisen bestemmes ved et samspill mellom kapitaletterspørrernes og investeringsvareprodusentenes reaksjoner innenfor en simultan markedsmodell.

Noen varianter av teoriene i kapitlene 3 og 4 er forsøkt konfrontert med norske kvartalsdata for årene 1962-1970. Resultatene er presentert i et annet arbeidsnotat, [7].

2. GRUNNLEGGENDE ELEMENTER I EN MODELL FOR INVESTERINGSANALYSE

2.1. To grunnleggende synspunkter

Ved etablering av en modellramme for investeringsanalyse må følgende synspunkter anses som grunnleggende:

Modellen bør være forankret i økonomisk teori for bedriftsadferd (foretaksadferd). Investeringsaktiviteten - såvel aktiviteten til de bedrifter som kjøper og akkumulerer kapitalvarer til bruk i produksjonsprosessen som aktiviteten til de bedrifter som produserer og selger kapitalvarer - utgjør en del av bedriftenes adferd og bestemmes simultant med deres øvrige aktiviteter i en optimaliseringsprosess for å nå et visst tilpasningsformål.

Det er beholdningen av realkapital (strømmen av kapitaltjenester som denne beholdning yter pr. tidsenhet) som er produksjonsfaktor for bedriftene, og det er denne beholdning de fester sin oppmerksomhet ved. Investeringsaktiviteten er bedriftenes aktivitet for å endre realkapitalbeholdningen.

2.2. Noen grunnleggende begreper og økosirkrelasjoner

Begrepsmessig kan det totale investeringsvolum, bruttoinvesteringen, deles i to: (i) investering for å utbygge(eller redusere) kapitalbeholdningen og (ii) investering for å erstatte kapital som faller fra i produksjonsprosessen. Den første komponent kalles utbyggingsinvestering eller nettoinvestering, den annen replaseringsinvestering. Mens nettoinvesteringen kan være både positiv og negativ, er replaseringsinvesteringen alltid positiv (eller null).

Før vi diskuterer adferdshypoteser, kan det være hensiktsmessig å få oversikt over en del relasjoner som rent definisjonsmessig gjelder mellom investeringsvolum, kapitalbeholdning, kapitalvareproduksjon og andre variable. Vi forutsetter at det har mening å oppfatte realkapital som ett samlebegrep, dvs. at det er meningsfylt å summere (aggregere) kapitaldoser av forskjellig fysisk form. alder og levetid[1]. Dette innebærer at vi implisitt regner med at det til de enkelte kapitaldoser er tilordnet (kan tilordnes) et sett av vurderingskoeffisienter.

Vi tenker oss i dette avsnitt at tiden er inndelt i perioder av en bestemt lengde. Strømningsvariable (investering, produksjon, kjøp, salg etc.) representeres ved transaksjonsstrømmer i løpet av en periode. Beholdningsvariable (kapital, formue) er relatert til et bestemt tidspunkt, f.eks. utgangen av en periode.

Definisjonsmessig gjelder for en enkelt sektor (en bedrift, en næring eller økonomien totalt sett)

(2.1) Bruttorealinvestering = Nettorealinvestering
+ Replaseringsinvestering (Depresiering),

(2.2) Nettorealinvestering = Tilvekst i kapitalbeholdning.

Bruttorealinvesteringen i en enkelt sektor er gitt ved[2]

(2.3) Bruttorealinvestering = Produksjon av kapitalvarer
+ Kjøp av nye kapitalvarer fra andre sektorer
- Salg av nye kapitalvarer til andre sektorer
+ Kjøp av eldre kapitalvarer fra andre sektorer
- Salg av eldre kapitalvarer til andre sektorer.

1) Denne forutsetning modifiseres i kapittel 4.
2) Vi vil i det følgende bruke "kapitalvarer" og "investeringsvarer" som synonyme betegnelser.

For en sektor som ikke selv produserer kapitalvarer (f.eks. en konsumvareproduserende bedrift), vil naturligvis produksjonen av kapitalvarer og salget av nye kapitalvarer begge være lik null[3]. For en sektor som produserer kapitalvarer, vil disse komponenter generelt være forskjellig fra null; differensen representerer sektorens selvetterspørsel etter investeringsvarer.

La oss betrakte økonomien totalt sett som én sektor. Vi har da:

(2.4) Totalt kjøp av nye kapitalvarer
- Totalt salg av nye kapitalvarer
= Netto kjøp av nye kapitalvarer fra utlandet,

(2.5) Totalt kjøp av eldre kapitalvarer
- Totalt salg av eldre kapitalvarer
= Netto kjøp av eldre kapitalvarer fra utlandet.

Innsetting av (2.4) og (2.5) i den aggregerte versjon av (2.3) gir følgende makro-relasjon

(2.6) Total bruttorealinvestering
= Total innenlandsk produksjon av kapitalvarer
+ Netto kjøp av nye kapitalvarer fra utlandet
+ Netto kjøp av eldre kapitalvarer fra utlandet,

som uttrykker at den innenlandske bruttorealinvestering må dekkes dels ved innenlandsk kapitalvareproduksjon dels ved netto kjøp av nye og eldre kapitalvarer fra utlandet. Ved å kombinere (2.1), (2.2) og (2.6) finner vi følgende uttrykk for den totale kapitalbeholdning

(2.7) Total kapitalbeholdning ved periodens utgang
= Total kapitalbeholdning ved periodens begynnelse
+ Total innenlandsk produksjon av kapitalvarer
+ Netto kjøp av nye kapitalvarer fra utlandet
+ Netto kjøp av eldre kapitalvarer fra utlandet
- Replaseringsinvestering (Depresiering).

Hvis den initiale kapitalbeholdning og replaseringsinvesteringen er gitt, kan følgelig sluttkapitalbeholdningen ikke endres på annen måte enn ved å endre den innenlandske kapitalvareproduksjon eller ved å endre nettokjøpet av (nye eller eldre) kapitalvarer fra utlandet.

Økosirkrelasjonene (2.1) - (2.7) er fundamentale. Andre viktige økosirkrelasjoner er de som knytter sammenhenger mellom "realsiden" og "finanssiden" av en sektors[4] investeringsaktivitet. Den sentrale relasjon her er den som sier at en sektors formue definisjonsmessig er lik summen av verdien av dens realkapital og dens finanskapital, dvs.

(2.8) Formue = Verdi av realkapital + Verdi av finanskapital,

hvor finanskapitalen representerer summen av sektorens nettofordringer på andre sektorer (penger, aksjer, obligasjoner, bankinnskudd etc.). Den tilsvarende relasjon på tilvekstform er

(2.9) Sparing = Verdi av nettorealinvestering + Finansinvestering,

3) Hvis vi i kapitalbegrepet inkluderer lager av råvarer og ferdigvarer, vil disse størrelser kunne være forskjellig fra null også for produsenter av andre varer enn det som vanligvis betegnes som kapitalvarer.
4) Det følgende gjelder like fullt for en bedrift som for økonomien som helhet.

idet vi ser bort fra verdioppskrivning (-nedskrivning) av de enkelte kapitalobjekter (prisgevinster/tap). Finansinvesteringen kan skrives som

(2.10) Finansinvestering = Endring i sektorens fordringer på andre sektorer
- Endring i andre sektorers fordringer på vedkommende sektor.

Av (2.9) og (2.10) får vi følgende viktige økosirkrelasjon mellom sektorens real- og finanstransaksjoner

(2.11) Verdi av nettorealinvestering = Sparing
+ Endring i andre sektorers fordringer på vedkommende sektor
- Endring i sektorens fordringer på andre sektorer.

Også den sammenheng som kommer til uttrykk i (2.11), er fundamental. Den innebærer blant annet følgende: For et gitt nivå på sektorens sparing vil sektorens nettorealinvestering bare kunne varieres dersom det skjer endring i andre sektorers netto-fordringsendring på vedkommende sektor, f.eks. endring i sektorens låneopptak i andre sektorer eller endring i dens avdrag på tidligere opptatte lån.

Etablering av en teori for investeringsadferd innebærer at en vil måtte gjøre forutsetninger om flere av de variable som inngår i økosirkrelasjonene ovenfor. Eksempelvis kan en ikke gi utsagn om "realsiden" av en sektors investeringsaktivitet uten samtidig å gjøre (implisitt eller eksplisitt formulerte) forutsetninger om "finanssiden".

I modellene i kapitlene 3 og 4 vil bare relasjonene (2.1) og (2.2) komme eksplisitt til uttrykk. De øvrige økosirkrelasjoner gjelder naturligvis også, men har ingen essensiell betydning og utelates derfor fra modellbeskrivelsen. I modellene i kapittel 5 vil relasjonene (2.8) - (2.11) komme i fokus, mens relasjonene (2.3) - (2.7) vil stå sentralt i kapittel 6.

3. MODELLER FOR KAPITALAKKUMULASJON BASERT PÅ NEO-KLASSISK TEORI FOR PRODUSENTADFERD

3.1 Utgangspunktet

I dette avsnitt vil vi gjøre kort rede for en variant av den såkalte neo-klassiske teori for produsentadferd, som har vært en del anvendt til å forklare bedriftenes realkapitalakkumulasjon over tid. Vi vil starte med å skissere teorien i dens enkleste form (avsnittene 3.1 og 3.2), dernest ta for oss noen modifikasjoner som har vært foreslått (avsnittene 3.3 og 3.4). Hovedvekten vil bli lagt på å forsøke å kartlegge hvilke holdepunkter teoriene gir for utformingen av økonometriske relasjoner for investeringsadferd.

For å forenkle symbolbruken og fremstillingen av teoriene vil vi fra nå av betrakte tiden som kontinuerlig variabel. Dette innebærer at strømningsvariable får karakter av <u>intensiteter</u>. Eksempelvis betegner $Q(t)$ intensiteten av produksjonsstrømmen på tidspunkt t, dvs. at det over intervallet $(t, t+\Delta t)$ produseres et kvantum tilnærmet lik $Q(t)\Delta t$, hvor tilnærmelsen er desto bedre jo mindre Δt er. Benevningen av $Q(t)$ er produksjon pr. tidsenhet på tidspunkt t.

Grunnlaget for teoriene i dette kapitlet er en produkfunksjon av formen

$$Q(t) = F(L(t), K(t)), \tag{3.1}$$

hvor $Q(t)$, som nevnt, betegner (intensiteten av) produksjonsvolumet (representert ved bearbeidelsesverdien i faste priser), $L(t)$ arbeidsinnsatsen og $K(t)$ volumet av innsatsen av kapitaltjenester på tidspunkt t. Det forutsettes at strømmen av kapitaltjenester er proporsjonal med den tilstedeværende kapitalbeholdning og at valget av måleenheter er innrettet slik at proporsjonalitetsfaktoren er lik 1. Dermed gir $K(t)$ også uttrykk for kapitalbeholdningen på tidspunkt t. Det forutsettes at produktfunksjonen har de vanlige "neo-klassiske" krumningsegenskaper. La videre $J(t)$ betegne (intensiteten av) volumet av bruttoinvesteringen på tidspunkt t, p(t) prisen på Q(t) mottatt av bedriften og w(t) og q(t) prisene på henholdsvis L(t) og J(t) betalt av bedriften. Dateringssymbolet t vil i det følgende undertiden bli sløyfet der hvor det ikke kan føre til misforståelser.

Anta at bedriften befinner seg på tidspunkt 0. Den er prisfast kvantumstilpasser og har som formål å maksimere den neddiskonterte verdi av differensen mellom de totale inn- og utbetalinger over en planleggingsperiode som strekker seg over all fremtid. Handlingsparametrene er tidsfunksjonene Q(t), L(t), K(t) og J(t). Intensiteten av bedriftens nettoinnbetalingsstrøm er gitt ved[1)]

$$(3.2) \qquad R = pQ - wL - qJ - u(pQ - wL - A),$$

hvor A betegner de skattemessige avskrivninger og u inntektsskattesatsen. Den betraktes som konstant over tiden. Vi ser bort fra andre skatteformer enn inntektsskatt. Avskrivningsbeløpet forutsettes basert på anskaffelsesverdi og defineres ved

$$(3.3) \qquad A = A(t) = \int_0^\infty D(s)q(t-s)J(t-s)ds,$$

hvor D(s) betegner avskrivningssatsen for en investering foretatt for s perioder siden ($\int_0^\infty D(s)ds=1$). Replaseringsinvesteringen (depresieringen), regnet i volum, forutsettes å utgjøre en konstant andel, δ, av volumet av realkapitalen. Dette innebærer (jfr. (2.1) og (2.2))

$$(3.4) \qquad J = \dot{K} + \delta K.$$

Maksimering av neddiskontert nettoinnbetalingsstrøm

$$(3.5) \qquad W = \int_0^\infty e^{-rt} R(t)dt,$$

hvor r betegner bedriftens kalkulasjonsrentesats (r forutsettes konstant over tiden), impliserer at følgende førsteordensbetingelser må være oppfylt

$$(3.6) \qquad \frac{\partial F}{\partial L} = \frac{w}{p},$$

$$(3.7) \qquad \frac{\partial F}{\partial K} = \frac{c}{p} = \frac{q}{p}\,\frac{1-uz}{1-u}\,(r + \delta - \frac{\dot{q}}{q}).$$

(Jfr. Biørn [6], formlene (11) og (12).) Her er $z = \int_0^\infty e^{-rs}D(s)ds$, mens $c = q(1-uz)(r+\delta-\dot{q}/q)/(1-u)$.

Vi kan tolke c som en (implisitt) brukerpris (leiepris) for realkapital. Tilpasningsbetingelsene (3.6) og (3.7) gir dermed følgende handlingsregel for bedriften: Velg på ethvert tidspunkt i planleggingsperioden en slik tilpasning at arbeidsinnsatsens grenseproduktivitet er lik forholdet mellom lønnssatsen og produktprisen og at kapitalinnsatsens grenseproduktivitet er lik forholdet mellom (den implisitte) brukerprisen på kapital og produktprisen. Handlingsregelen innebærer at bedriften får løst sitt maksimeringsproblem ved på ethvert tidspunkt i planleggingsperioden utelukkende å ta hensyn til prissituasjonen i øyeblikket (representert ved de løpende verdier av p, w, q og $\dot{q}$; $\dot{p}$ og $\dot{w}$ er uten betydning) samt av verdiene av parametrene u, z og r.[2)] Tilpasningsbetingelsene blir følgelig analoge med dem vi får i det statiske tilfelle.

---

1) Vi nøyer oss her med å skissere hovedelementene i teorien. For en nærmere redegjørelse for resonnementet og en diskusjon av noen av de sentrale forutsetninger, se f.eks. Biørn [6], avsnitt 2.

2) Det kan vises at selvom vi åpnet muligheten for å la renten variere - f.eks. ved å erstatte e^{-rt} med $\exp\{-\int_0^t r(s)ds\}$, hvor r(s) betegner renteintensiteten på tidspunkt s - ville bare den øyeblikkelige rente være av betydning for tilpasningen på ethvert tidspunkt. Åpner vi muligheten for at det kan skje endringer i (eller rettere sagt: at bedriftene kan forvente endringer i) skatte- og avskrivningsreglene over planleggingsperioden, vil derimot marginalbetingelsen for kapital bli mer komplisert enn (3.7).

Grunnen til at vi får denne "nærsynte" ("myopic") handlingsregel er at bedriften forutsettes fritt å kunne variere kapitalbeholdningen ved å kjøpe investeringsvarer eller selge kapital til den løpende markedspris q i det omfang den måtte ønske. Det eksisterer ingen restriksjoner (tekniske, institusjonelle eller markedsmessige) på de enkelte komponenter i bruttoinvesteringen, jfr. relasjon (2.3) - kort sagt: investeringene er reversible. Arrow uttrykker dette forhold - som er fundamentalt for forståelsen av denne modellen - på følgende måte:

> ".....the decision as to the stock of capital to be held at any instant of time is myopic, being independent of future developments in technology, demand or anything else; forecasts for only the most immediate future are needed and then only as to capital goods prices. The argument for this rule is simple; when investment is reversible, then the firm can buy a unit of capital goods, use it and derive its marginal product for an arbitrarily short time span, and then sell the undepreciated portion, possibly at a different price." ([3], p. 3).

3.2. Hva innebærer den enkle neo-klassiske teori for investeringsadferden?

Av (3.1), (3.6) og (3.7) kan en, under visse forutsetninger, avlede etterspørselsfunksjonen for realkapital; den blir av formen

$$(3.8) \qquad K = G(c, w, p)$$

og angir hvor meget realkapital bedriften vil sitte med til ethvert prissett (c, w, p). G er homogen av grad null i prisene. Hvis F er strengt konkav og L og K teknisk komplementære faktorer, vil fortegnene til de etterspørselsderiverte være gitt ved: $G_c < 0$, $G_w < 0$, $G_p > 0$. Ved å kombinere (3.8) og (3.4) får vi følgende relasjon for bruttoinvesteringen

$$(3.9) \qquad J = G_c\dot{c} + G_w\dot{w} + G_p\dot{p} + \delta G(c, w, p).$$

(Jfr. Jorgenson [28], pp. 147-149.) Bedriftens investering - "investeringsetterspørsel" om en vil - bestemmes altså dels ved produktfunksjonens form via G og dens deriverte, dels ved produkt- og faktorprisene og dels ved deres tidsderiverte.

Ved å innføre symbolet $h = (1-uz)/(1-u)$ kan c skrives som

$$(3.10) \qquad c = qh(r+\delta) - \dot{q}h.$$

La oss nå åpne muligheten for at r og h kan variere over tiden (δ oppfattes fortsatt som konstant). For r er dette greit på bakgrunn av fotnote 2; variasjonene i h skaper imidlertid visse tolkningsproblemer. Det er formodentlig enklest å tenke seg disse variasjoner fremkommet ved at vi sammenligner alternative tidsbaner med forskjellige verdier for de skatte- og avskrivningsparametre som bestemmer h. Av (3.9) og (3.10) følger

$$(3.11) \qquad J = G_c\{(\dot{q}h + q\dot{h})(r + \delta) + qh\dot{r} - \ddot{q}h - \dot{q}\dot{h}\}$$
$$+ G_w\dot{w} + G_p\dot{p} + \delta G(qh(r + \delta) - \dot{q}h, w, p).$$

Bruttoinvesteringen avhenger altså av såvel rentesatsen r som dens tidsderiverte. Videre inngår både investeringsprisen og dens første- og annenderiverte i "investeringsfunksjonen".

To viktige konklusjoner følger med logisk konsekvens av (3.8) - (3.11):

(i) Investeringsintensiteten har en endelig størrelse bare hvis prisene c, w og p er kontinuerlige tidsfunksjoner og deres deriverte m.h.p. tiden eksisterer. Dersom noen av prisene varierer med diskontinuerlige sprang, vil J måtte gå mot pluss eller minus uendelig.

(ii) Hvis alle priser endres med samme rate, dvs. $\dot{c}/c = \dot{w}/w = \dot{p}/p$, vil $\dot{K} = 0$, siden G er homogen av grad null i sine argumenter. Da blir $J = \delta K$, dvs. all investering er replaseringsinvestering. Spesielt gjelder dette hvis alle priser er konstante. (Vi minner her om at vi har forutsatt konstant teknikk, dvs. ingen endringer i funksjonsforholdet F over tiden. Åpnet vi muligheten for teknisk fremgang, ville $\dot{K}$ bli positiv selv om prisene beveget seg proporsjonalt.)

Den teori hvis hovedtrekk er skissert ovenfor, gir en konsistent beskrivelse av en bedrifts tilpasning. Kapitaletterspørselen bestemmes sammen med de øvrige endogene variable i modellen som ledd i en optimaliseringsprosess. Tidsutviklingen for kapitaletterspørselen impliserer en bestemt tidsutvikling for bruttoinvesteringen. Aksepterer man de forutsetninger denne teorien bygger på, må man godta de konklusjoner den leder til - herunder konklusjonene (i) og (ii).

La oss, som en illustrasjon, se hva denne teorien innebærer for investeringsutviklingen dersom produktfunksjonen (3.1) er av Cobb-Douglas form, dvs.

$$(3.1a)\quad Q = aL^{\alpha}K^{\beta},$$

hvor a, α og β er positive koeffisienter. (Vi forutsetter $\alpha + \beta < 1$.) Maksimeringsbetingelsene (3.6) og (3.7) kan da skrives som $\alpha Q/L = w/p$ og $\beta Q/K = c/p$, og vi får følgende kapitaletterspørselsfunksjon

$$(3.8a)\quad K = (a\alpha^{\alpha}\beta^{1-\alpha})^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}} c^{-\frac{1-\alpha}{1-\alpha-\beta}} w^{-\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}} p^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}.$$

Logaritmisk derivasjon gir

$$(3.8b)\quad \frac{\dot{K}}{K} = -\frac{1-\alpha}{1-\alpha-\beta}\frac{\dot{c}}{c} - \frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}\frac{\dot{w}}{w} + \frac{1}{1-\alpha-\beta}\frac{\dot{p}}{p}.$$

Setter vi nå som et (formodentlig ikke altfor urealistisk) talleksempel arbeidskraftens og kapitalens grenseelastisiteter lik henholdsvis 0.6 og 0.3, dvs. $\alpha = 0.6$, $\beta = 0.3$, får vi

$$\frac{\dot{K}}{K} = -4\frac{\dot{c}}{c} - 6\frac{\dot{w}}{w} + 10\frac{\dot{p}}{p}.$$

Ved innsetting fra (3.10), idet vi for enkelhets skyld antar $\ddot{q} = o$, gir dette

$$\frac{\dot{K}}{K} = -4\left(\frac{\dot{q}}{q} + \frac{\dot{h}}{h} + \frac{\dot{r} + (\frac{\dot{q}}{q})^2}{r+\delta-\frac{\dot{q}}{q}}\right) - 6\frac{\dot{w}}{w} + 10\frac{\dot{p}}{p}.$$

Nedenfor er denne formelen tabulert for forskjellige verdier av endringsratene for de eksogene variable. Vi har gjennomgående satt kalkulasjonsrenten r = 0.05 og depresieringsraten δ = 0.10.

$\frac{\dot{q}}{q}$	$\frac{\dot{h}}{h}$ x)	$\dot{r}$	$\frac{\dot{w}}{w}$	$\frac{\dot{p}}{p}$	$\frac{\dot{K}}{K}$
0.01	0	0	0	0	-0.043
0.05	0	0	0	0	-0.300
0.10	0	0	0	0	-1.200
0	0.01	0	0	0	-0.040
0	0	0.005	0	0	-0.133
0	0	0	0.01	0	-0.060
0	0	0	0	0.01	+0.100

x) En økning i u fra 0.50 til 0.52 innebærer eksempelvis en økning i h på ca. 1 prosent hvis z=0.8. (Det tilsvarer omtrent avskrivningssatsenes nåverdi ved ordinær avskrivning og 10 års skattemessig levetid; jfr. Biørn [6], tabell 2.)

Selv moderate prisvridninger gir sterke utslag i nettoinvesteringen med de numeriske verdier av koeffisientene som ligger til grunn for disse eksemplene.[3] Således fører en 5 prosent prisstigning

3) Det er verdt å merke seg at denne konklusjon ikke er betinget av forutsetningen om at produktfunksjonen er av Cobb-Douglas-form; med en passuskoeffisient på 0.9 blir kvantumsutslagene av prisvridninger betydelige selv om substitusjonselastisiteten er mindre enn 1.

for investeringsvarer partielt sett til en nettoinvestering på hele 30 prosent av kapitalbeholdningen. For å sette dette anslaget i perspektiv kan vi nevne at verdien av den faste realkapital i offentlige og private foretak i Norge ved utgangen av 1970 er beregnet til ca. 180 milliarder 1961-kroner (ifølge det gamle nasjonalregnskap). Samme år utgjorde den totale nettoinvestering i offentlige og private foretak 6,3 milliarder 1961-kroner, dvs. ca. 3,5 prosent av kapitalbeholdningen.

Det vil derfor være store betenkeligheter ved å satse på en relasjon av formen (3.9) som eneste element til å forklare investeringsutviklingen i en makro-økonomisk prognosemodell. Den kan nok inngå som et ledd i en forklaringsmekanisme, men gjør neppe fyldest alene.

Følgende spørsmål reiser seg: Hva er det som begrenser investeringsvolumet slik at det ikke fluktuerer så sterkt som den neo-klassiske teori for bedriftenes kapitaletterspørsel skulle tilsi? Vi har sett at denne teori under visse omstendigheter kunne gi en uendelig stor (positiv eller negativ) realinvestering, noe som er utenkelig i praksis for økonomien som helhet. Dette spørsmål kan sies å danne utgangspunktet for en stor del av litteraturen om investeringsadferd. I de følgende avsnitt vil vi betrakte noen av de løsningsforslag som har vært lansert.

3.3. Teorier basert på en to-trinns-tilpasning og et skille mellom faktisk og "ønsket" kapital

I litteraturen om investeringsadferd finnes en rekke teorier hvor investeringen forsøkes forklart ved et to-trinns-resonnement med begrepet "ønsket" kapital som et sentralt element. Den kanskje mest raffinerte utgave av denne teorien er den som ble utformet av Dale Jorgenson i begynnelsen av 1960-årene. Det teoretiske grunnlag er fremstillet i bl.a. Jorgenson [27], [28] og er senere supplert med en rekke empiriske resultater fra Jorgenson og hans medarbeideres hånd (Jorgenson et al. [10], [31], [32] etc.). I dette avsnitt vil vi konsentrere oppmerksomheten om denne teorien.

Jorgenson's teori har to hovedbestanddeler. Den første er en neo-klassisk cash-flow-maksimering svarende til den vi skisserte i avsnitt 3.1. ovenfor. Den bestemmer en størrelse av kapitalen, K^*, som tradisjonelt betegnes som den "ønskede" (desired) kapital. Denne blir, ifølge Jorgenson, imidlertid ikke realisert som kapitaletterspørsel i markedet, men gir opphav til igangsetting av investeringsprosjekter. Denne prosess beskrives i annen del av teorien. Ved formuleringen bygger Jorgenson her på diskret tid.

La K_t^* betegne den kapitalmengde produsentene ønsker å sitte med ved slutten[4)] av periode t bestemt ut fra cash-flow-maksimeringen i første trinn. Endringen i "ønsket" kapital fra periode t-1 til periode t, altså

$$\Delta K_t^* = K_t^* - K_{t-1}^* ,$$

settes igang som investeringsarbeider med sikte på å utbygge kapitalen - dvs. nettoinvestering[5)] ('investment for expansion' med Jorgenson's terminologi) - i periode t. Av disse nystartede prosjekter forutsettes en viss del å fullføres (realiseres som faktiske investeringer i markedet) i periode t, en viss del i periode t+1 osv.[6)] La μ_0 være andelen som fullføres i inneværende periode, μ_1 andelen som fullføres i neste periode, μ_2 andelen som fullføres om to perioder etc. μ-sekvensen antas å være stasjonær, dvs. uavhengig av igangsettelsestidspunktet t. Forutsetningen om at alle investeringsprosjekter realiseres før eller senere innebærer at

$$(3.12) \qquad \sum_{s=0}^{\infty} \mu_s = 1 \qquad\qquad (\mu_s \geq 0 \text{ for alle } s).$$

---

4) Av Jorgenson's fremstilling i f.eks. [32] fremgår det at han oppfatter K_t som kapitalbeholdningen ved begynnelsen av periode t. Vi finner imidlertid mest naturlig å tolke K_t som sluttbeholdningen i periode t.

5) Vi vil ikke diskutere Jorgenson's teori for replaseringsinvestering; den følger i hovedsak neo-klassisk mønster (konstant depresieringsrate). Se [32].

6) En annen variant av denne hypotesen ble lansert noe tidligere av de Leeuw [37], jfr. spesielt artikkelens avsnitt 1.

Det følger av det som er sagt overfor, at nettoinvesteringen i periode t vil være gitt ved:

$$(3.13)\quad I_t = \mu_o(K^*_t - K^*_{t-1}) + \mu_1(K^*_{t-1} - K^*_{t-2}) + \mu_2(K^*_{t-2} - K^*_{t-3}) + \ldots.$$

eller, kompakt formulert,

$$(3.13a)\quad I_t = \mu(L)(K^*_t - K^*_{t-1}),$$

hvor $\mu(L) = \mu_o + \mu_1 L + \mu_2 L^2 + \ldots..$ er et polynom i lagoperatoren L.[7)]

Forutsetter vi nå spesielt at fullføringsandelene avtar geometrisk, dvs.

$$\mu_s = (1-\lambda)\lambda^s,\ \text{hvor } 0<\lambda<1,\ s = 0,1,2,\ldots\ldots,$$

kan (3.13) forenkles til[8)]

$$(3.14)\quad I_t = (1-\lambda)(K^*_t - K_{t-1}).$$

Dette er en enkel variant av den såkalte 'fleksible akselerator' - mekanisme, som ble kjent gjennom arbeider av Chenery [9] og Koyck [36] i begynnelsen av 1950-årene. Den gir uttrykk for en hypotese om at bedriftene innretter investeringsaktiviteten slik at kapitalen i hver periode øker med en konstant andel 1-λ av avvikelsen mellom den "ønskede" kapitalbeholdning ved periodens slutt og den faktiske kapitalbeholdning ved periodens begynnelse. En slik antagelse om en delvis tilpasning (engelsk: partial adjustment) fra et faktisk i retning av et ønsket nivå har funnet anvendelse på en rekke områder av økonometrien. Den er en av de begrunnelser som oftest gis for å innføre geometriske lag-fordelinger (distributed lags) i økonometriske modeller (Jfr. f.eks. Griliches [19] og Dhrymes [13], Ch. 4.) Jorgenson's hypotese kan m.a.o. ses som en generalisering av hypotesen om delvis tilpasning av kapitalen.

Slik vi definerte K^* overfor, ville det være mest nærliggende å tolke den som den K-verdi som ville følge av etterspørselsfunksjonen for realkapital, (3.8), altså sette

$$K^*_t = G(c_t, w_t, p_t),$$

hvor c_t, w_t, p_t betegner verdiene av de tre priser i periode t. Ved innsetting i (3.13a) ville dette gi følgende uttrykk for nettoinvesteringen:

$$(3.15)\quad I_t = \mu(L)\{G(c_t, w_t, p_t) - G(c_{t-1}, w_{t-1}, p_{t-1})\}.$$

Jorgenson gjør imidlertid ikke dette, men tar utgangspunkt i marginalbetingelsen for kapital, (3.7), og, idet han forutsetter at produktfunksjonen har Cobb-Douglas-formen (3.1a), utleder følgende uttrykk for "ønsket" kapital ved slutten av periode t (Fotskriften t på de variable på høyre side markerer at disse er datert i periode t.)

7) En redegjørelse for algebraen ved bruk av lag-operatoren finnes i bl.a. Dhrymes [13], kap. 2.
8) Ved bruk av lag-operatoren kan dette enkelt vises: Vi har

$$\mu(L) = \sum_{s=o}^{\infty} (1-\lambda)\lambda^s L^s = \frac{1-\lambda}{1-\lambda L},\ \text{som innsatt i (3.13a) gir}$$

$$(*)\quad I_t = \frac{(1-\lambda)(1-L)}{1-\lambda L} K^*_t,$$

dvs.

$$(**)\quad (1-\lambda)K^*_t = \frac{1-\lambda L}{1-L} I_t = I_t + (1-\lambda)\frac{L}{1-L} I_t.$$

Nå er imidlertid $I_t = K_t - K_{t-1} = (1-L)K_t$, dvs. $K_t = I_t/(1-L)$. Setter vi dette inn i (**), følger det umiddelbart at nettoinvesteringen kan skrives på formen (3.14).

$$(3.16)\quad K_t^* = \beta \frac{p_t Q_t}{c_t}.$$

Den investeringsfunksjon Jorgenson baserer sine analyser på, fremkommer ved innsetting av (3.16) i (3.13a). Den blir

$$(3.17)\quad I_t = \beta\mu(L)\{\frac{p_t Q_t}{c_t} - \frac{p_{t-1}Q_{t-1}}{c_{t-1}}\}.$$

Jorgensons's opplegg er på mange måter elegant og leder frem til en relasjon som i det minste har det fortrinn at den er relativt enkel å behandle beregningsteknisk. Blant annet er den lineær i de variable. Dessuten har den visse elementer av en teori for produsentadferd innebygget i seg - og det kan ikke sies om alle de forslag til investeringsrelasjoner som har vært lansert. Det resonnement som ligger bak (3.17), lider imidlertid av flere svakheter.

For det første må det sies å være en inkonsistens at det er den faktiske produksjon Q_t som forutsettes å være motiverende for produsenten når han fastsetter den "ønskede" kapital ved (3.16). Q_t, som er en observert markedsstørrelse, vil ikke nødvendigvis være optimal ut fra det resonnement som vi skisserte i avsnitt 3.2; punktet (Q_t, K_t^*) vil bare unntagelsesvis "befinne seg på produktfunksjonen". Denne ganske opplagte innvending fra et logisk synspunkt er gjort til et hovedpoeng i en artikkel av Gould [18]. For å løse denne inkonsistens er det nødvendig å ta hensyn til at produksjon og kapitalakkumulasjon bestemmes simultant ved bedriftens optimaliseringsprosess, dvs. vi bør erstatte Q_t i (3.16) med den Q-verdi som følger av maksimeringsbetingelsene i avsnitt 3.1 - det vi kunne kalle den "ønskede" produksjon. Denne variabel er imidlertid uobserverbar og må følgelig elimineres fra investeringsfunksjonen for å få en relasjon mellom observerbare variable. Den eneste logisk konsistente måte dette kunne gjøres på, er ved å benytte maksimeringsbetingelsene. Dermed ville vi være tilbake i formuleringen (3.15), og investeringsrelasjonen ville miste sin enkle lineære form. (Jfr. at kapitaletterspørselsfunksjonen i Cobb-Douglas-tilfellet, (3.8a), er lineær i logaritmene til de variable.)

For det annet er det grunn til å trekke brukbarheten av begrepet "ønsket kapital" i tvil. Den måte det inngår på i Jorgenson's opplegg, bygger på at produsenten er en slags "spaltet personlighet": Han fastsetter først den kapitalmengde han ønsker å sitte med, ut fra den antagelse at prisfast kvantumstilpasning og momentantilpasning av kapitalen er mulig. Deretter kommer han i tanke om at mulighetsområdet likevel ikke var slik som han først gikk ut fra; det tar tid å produsere og levere kapitalen, det finnes tregheter i markedet som hindrer ham i å få oppfylt sine investeringsønsker momentant. Kort sagt, produsenten bestemmer sine kapitalønsker i første trinn ut fra et irrelevant, utopisk mulighetsområde. Nerlove ([42], pp. 223-227) understreker denne inkonsistens sterkt, jfr. følgende sitat:

> "The point is, of course, that at our present stage in the development of an econometrically relevant theory of optimal capital accumulation, it would be a mistake to introduce uncertain delivery lags. Neither uncertain nor perfectly foreseen delivery lags lead to the model Jorgenson estimates. The only model that justifies these equations is one in which lags are continually believed to be absent by the firm but continually and unexpectedly recur. Essentially the lags are ignored until introduced in the estimation equation. Despite their apparent justification, the distributed lags used in Jorgenson's pioneering investment studies are ad hoc." ([42]), p. 226.)

De innvendinger mot Jorgenson's opplegg som er omtalt ovenfor, er tungtveiende; de berører selve logikken i modellen. I den litteratur som er fulgt i Jorgenson-modellens kjølvann, er det dessuten fremkommet kritiske kommentarer vedrørende de realitetsforutsetninger modellen bygger på. For det første har det vært satt spørsmålstegn ved antagelsen om at fullføringsandelene, μ-ene, er stabile strukturparametre. I praksis må vi regne med at bedriftene har mulighet for å forkorte leveringstiden for investeringsvarer hvis de godtar en høyere pris. Fullføringsandelene er neppe autonome overfor endringer i forhold på tilbudssiden av investeringsvaremarkedet.

For det annet har flere forfattere trukket forutsetningen om en Cobb-Douglas-produktfunksjon i tvil, idet de hevder at ved a priori å sette substitusjonselastisiteten mellom arbeidskraft og kapital lik én overvurderes substitusjonsmulighetene og derved kapitalleieprisens rolle for bedriftenes kapitalønsker. Eisner og Nadiri [14], Bischoff [5] og Rowley [44] samt flere andre har av denne grunn valgt den mer generelle funksjonsform CES-funksjonen. Dette setter dem istand til å teste Jorgenson's "maintained hypothesis" om en Cobb-Douglas-spesifikasjon økonometrisk. Eisner/Nadiri og Rowley mener definitivt å kunne avvise denne hypotese; Bischoff inntar en mer nyansert holdning.

En CES-funksjon[9] i L og K med passuskoeffisient ε har følgende form:

$$(3.18) \quad Q = (aL^{-\rho} + bK^{-\rho})^{-\frac{\varepsilon}{\rho}},$$

hvor $\varepsilon > 0$, $\rho > -1$, $a > 0$, $b > 0$. Det kan være av interesse å undersøke hva en slik modifikasjon av modellen innebærer for investeringsrelasjonen når vi forøvrig følger Jorgenson's skjema.

Grenseproduktivitetene kan skrives som

$$(3.19) \quad \frac{\partial Q}{\partial L} = a\varepsilon L^{-(\rho+1)} Q^{1+\frac{\rho}{\varepsilon}},$$

$$(3.20) \quad \frac{\partial Q}{\partial K} = b\varepsilon K^{-(\rho+1)} Q^{1+\frac{\rho}{\varepsilon}}.$$

Vi kan nå, som i Jorgenson's opplegg, etablere et uttrykk for "ønsket" kapital ved å sette kapitalens grenseproduktivitet lik forholdet mellom kapitalleieprisen og produktprisen og løse det fremkomme m.h.p. K. Det gir

$$(3.21) \quad K_t^* = (b\varepsilon)^{\frac{1}{1+\rho}} \left(\frac{P_t}{c_t}\right)^{\frac{1}{1+\rho}} Q_t^{\frac{\varepsilon+\rho}{\varepsilon(1+\rho)}},$$

eller uttrykt ved substitusjonselastisiteten $\sigma = \frac{1}{1+\rho}$,

$$(3.21a) \quad K_t^* = (b\varepsilon)^{\sigma} \left(\frac{P_t}{c_t}\right)^{\sigma} Q_t^{\frac{1-\sigma(1-\varepsilon)}{\varepsilon}}.$$

Generalisering fra en Cobb-Douglas-til en CES-funksjon innebærer altså at prisforholdet og produktmengden inngår med forskjellige elastisiteter i uttrykket for "ønsket" kapital. Elastisiteten m.h.p. prisforholdet er lik substitusjonselastisiteten, elastisiteten m.h.p. produktmengden er lik $\kappa = (1-\sigma(1-\varepsilon))/\varepsilon$. Spesielt merker vi oss følgende:

(i) Cobb-Douglas-tilfellet $\rho = 0$, dvs. $\sigma = 1$, innebærer $\kappa = 1$ (uansett ε).

(ii) Pari-passu-tilfellet $\varepsilon = 1$ innebærer $\kappa = 1$ (uansett σ).

(iii) Limitasjonslov (vinkelrette isokvanter) $\rho \to \infty$, dvs. $\sigma \to 0$, innebærer $\kappa \to \frac{1}{\varepsilon}$.

Altså er K_t^* og Q_t proporsjonale hvis produktfunksjonen enten er Cobb-Douglas eller pari-passu, men bare i det første tilfellet er "ønsket" kapital proporsjonal også med prisforholdet.

Den investeringsfunksjon som ville følge ved innsetting av (3.21) i (3.13), er ikke-lineær i de variable. Enda mer komplisert ville den bli om vi tok Gould's innvending til følge og erstattet "ønsket" kapital med kapitaletterspørselsfunksjonen ved friksjonsfri tilpasning. Ved å eliminere Q og L av (3.18) - (3.20) finner vi følgende kapitaletterspørselsfunksjon i CES-tilfellet

$$(3.22) \quad K = \left(\frac{P}{c}\right)^{\sigma} \left[a^*\left(\frac{P}{c}\right)^{\sigma-1} + b^*\left(\frac{P}{w}\right)^{\sigma-1}\right]^{\frac{1-\sigma(1-\varepsilon)}{(1-\varepsilon)(\sigma-1)}},$$

hvor a^* og b^* er (kjente) funksjoner av a, b, ε og σ. Det at CES-funksjonen gir forholdsvis kompliserte funksjonsformer å arbeide med, bør imidlertid ikke være noe argument for definitivt å avvise den som utgangspunkt i dette tilfelle. Det er i dag ikke forbundet med uoverstigelige problemer å behandle ikke-lineære funksjoner økonometrisk, iallfall innenfor modeller av beskjeden størrelse. På den annen side bør vi neppe gi oss i kast med et slikt opplegg med mindre det er vesentlige indikasjoner på at det gir gevinst sammenlignet med et enklere. Jorgenson hevder selv i en nylig publisert artikkel, [30], som tilsvar på en del av de innvendinger som er rettet mot hans analyser, at det ut fra foreliggende empiriske

9) CES er en forkortelse for Constant Elasticity of Substitution. Navnet skyldes at funksjonen innebærer en konstant substitusjonselastisitet mellom produksjonsfaktorene.

undersøkelser ikke er grunnlag for å avvise hypotesen om at substitusjonselastisiteten mellom arbeidskraft og kapital er lik én, altså at produktfunksjonen har Cobb-Douglas form.10)11)

Grunnen til at CES-funksjonen gir en ikke-lineær investeringsfunksjon er at (3.13) er lineær i de utransformerte variable, mens (3.21) er lineær i logaritmene til de variable. En måte å omgå ikke-lineariteten på kunne være å erstatte treghetsrelasjonen (3.13) med dens "logaritmiske motstykke"

$$(3.23)\quad \log K_t - \log K_{t-1} = \mu(L)(\log K_t^* - \log K_{t-1}^*).$$

Denne justeringsformel har imidlertid ikke en så enkel intuitiv tolkning som (3.13); μ-koeffisientene kan ikke lenger tolkes som fullføringsandeler. Det er derfor ikke opplagt at et krav om at disse koeffisientene skulle summere seg til 1 (jfr. (3.12)) her ville være på sin plass.

Innsetting av (3.21a) i (3.23) gir

$$(3.24)\quad \log K_t - \log K_{t-1} = \sigma\mu(L)\ \{(\log \frac{p_t}{c_t} - \log \frac{p_{t-1}}{c_{t-1}}) + \kappa\ (\log Q_t - \log Q_{t-1})\}.$$

Her opptrer ikke investeringen som egen variabel; tilveksten i logaritmen til kapitalbeholdningen inngår istedet. En "investeringsrelasjon" i den vanlige betydning av ordet ville en kunne få ved å bruke tilnærmelsen $\Delta \log K_t \approx \Delta K_t/K_{t-1} = I_t/K_{t-1}$, som gir

$$I_t = K_{t-1}\ \mu(L)\ \{\sigma\Delta \log \frac{p_t}{c_t} + \kappa\Delta \log Q_t\}.$$

I kapitaltilpasningsrelasjonen (3.24) har $\log p_t/c_t$ og $\log Q_t$ samme lag-fordeling; lag-koeffisientene er like på en proporsjonalitetsfaktor nær. Mer generelt kunne vi - som Eisner og Nadiri [14], Bischoff [5], Rowley [44] og andre - ha åpnet muligheten for forskjellig lag-struktur. Det er imidlertid vanskelig å begrunne en slik generalisering tilfredsstillende innenfor Jorgenson's analyseskjema.

En måte å begrunne en hypotese om forskjellig lag-fordeling for de to variable på kunne være følgende: Anta at bedriftene kan tilpasse kapitalbeholdningen uten tregheter; den faktiske kapitalmengde er lik den "ønskede". Det som er motiverende for bedriftenes valg av kapitalbeholdning, er imidlertid ikke de løpende observerte verdier av p/c og Q, men <u>forventningsverdier</u> for disse variable. La $(p/c)_t^*$ og Q_t^* betegne de forventningsverdier som ligger til grunn for beslutningene i periode t. Vi setter altså:

$$(3.25)\quad \log K_t = \text{Konstant} + \sigma\log (\frac{p}{c})_t^* + \kappa\log Q_t^*.$$

De uobserverbare forventningsvariable forutsettes knyttet til den observerte utvikling i de samme variable i tidligere perioder ved følgende log-lineære forventningsgenereringsrelasjoner12)

$$(3.26)\begin{cases}\log (\frac{p}{c})_t^* = \mu(L)\ \log (\frac{p}{c})_t, \\ \log Q_t^* = \lambda(L)\ \log Q_t,\end{cases}$$

<u>hvor</u> $\mu(L)$ og $\lambda(L)$ er polynomer i lag-operatoren. De vil generelt være forskjellige.

10) Resultatene av en analyse av norske tverrsnittsdata for bergverksdrift og industri fra Bedriftstellingen 1963, Griliches og Ringstad [20], støtter denne konklusjon.
11) Jorgenson påberoper seg at det heller ikke er empirisk dekning for å avvise at skalaelastisiteten ε=1. Han understreker at hele hans investeringsanalyse bygger på denne forutsetning og går i rette med en rekke forfattere som har tolket ham annerledes. I betraktning av de problemer som hefter ved fikseringen av tilpasningspunktet ved profittmaksimering - og cash-flow-maksimering - i pari-passu tilfellet når tilpasningen skjer friksjonsfritt, er dette vanskelig å akseptere. Jfr. avsnitt 3.4 nedenfor og Takayama [47], pp. 688-697.
12) Enkle varianter av forventningsmekanismer av denne type er benyttet av Hickman [21] i en større investeringsanalyse for U.S.A., som ble presentert i 1965. Hickman's modell har endel trekk felles med dem vi her diskuterer, men den er svakere forankret i produksjonsteori enn f.eks. Jorgenson's modell.

Innsetting av (3.26) i (3.25) gir

$$(3.27)\quad \log K_t = \text{Konstant} + \sigma\mu(L)\log\frac{p_t}{c_t} + \kappa\lambda(L)\log Q_t.$$

Denne relasjon kunne eventuelt transformeres til førstedifferenser for å få en relasjon i tråd med (3.24).

Den modifikasjon vi her har antydet, består, kort sagt, i at Jorgenson's hypotese om en (generalisert) delvis tilpasning (partial adjustment) av kapitalbeholdningen basert på de løpende verdier av priser og produktmengde erstattes med en antagelse om at tilpasningen skjer momentant, men at beslutningene bygger på en (generalisert) forventningstilpasning (adaptive expectations) av priser og produktmengde. Dette er selvsagt også et ad hoc-resonnement. Spesielt må det regnes som en inkonsistens å etablere en forventningsgenereringsrelasjon for produktmengden, som jo er handlingsvariabel for bedriftene ut fra den bakenforliggende teori. Men modellen øver vel ikke større vold mot det logiske grunnlag for produksjonsteorien enn Jorgenson, Eisner/Nadiri, Bischoff og Rowley's modeller.

Med dette avslutter vi diskusjonen av Jorgenson's modell og varianter av denne. Ved å innføre aksessoriske hypoteser om tilpasningstregheter eller forventningstilpasning (eller begge dele simultant) i produsentenes tilpasningsbetingelse for kapital fremkommer en investeringsrelasjon som vanligvis gir mindre fluktuasjoner i investeringsaktiviteten enn hva det rendyrkede neo-klassiske skjema med momentan, friksjonsfri tilpasning innebærer. Vil vi klare oss uten slike ad hoc-resonnementer, må vi se oss om etter andre måter å forklare dempningen av investeringenes variasjoner på. Det er emnet for de følgende avsnitt.

3.4. Modeller hvor investeringsomkostningene varierer ikke-lineært med investeringsvolumet. Omstillingsomkostninger. Irreversible investeringer.

Ett av ankepunktene mot Jorgenson's modell er at de restriksjoner av teknisk, institusjonell eller markedsmessig natur som begrenser muligheten for å tilpasse kapitalvolumet momentant, innføres på en "aksessorisk" måte i modellen, som et dynamisk "påheng" på tilpasningsmekanismen i det friksjonsfri tilfelle. Mer tilfredsstillende logisk sett vil det være å ta hensyn til slike tilpasningsomkostninger (omstillingsomkostninger) allerede ved beskrivelsen av det mulighetsområde bedriften står overfor ved maksimeringen av neddiskontert cash-flow. Vi vil nå undersøke hvilke endringer i tilpasningsbetingelsene en slik modifikasjon bringer med seg og hvilke konsekvenser dette eventuelt bør ha for utformingen av en økonometrisk investeringsmodell.

Tilpasningsomkostninger ("costs of adjustment", "costs of change") kan innføres på flere måter innenfor rammen av den neo-klassiske modell som vi betraktet i avsnitt 3.1. Poenget er at den omkostning som knytter seg til anskaffelse og installasjon av en investeringsdose, ikke forutsettes å variere proporsjonalt med investeringsvolumet, som i avsnitt 3.1, men stiger progressivt. En slik antagelse begrunnes vanligvis med at det å endre kapitalen raskt i seg selv er kostbart for bedriften: Installasjon av nye kapitalgjenstander tar tid, og det er ikke uten problemer å tilpasse seg et stadig endret kapitalvolum. Blant annet spiller omkostninger ved opplæring av arbeidskraften inn. Dette tilsier at det ikke bare er kapitalendringens størrelse som spiller inn, men også hvor raskt endringen skjer.[13] En alternativ begrunnelse for progressivt stigende investeringsomkostninger kan være at det finnes monopsonistiske tendenser i markedet for investeringsvarer; investor kan være i en slik markedsmessig posisjon at han må ta hensyn til at han har en tilbudsfunksjon for investeringsvarer rettet mot seg.

---

13) Blant forfattere som analyser tilpasningsomkostninger ut fra denne synsvinkel, kan nevnes Eisner og Strotz [15], Nerlove [41] (pp. 147-152), Lucas [38] og Gould [17] i arbeider fra henholdsvis 1963, 1965, 1967 og 1968. Rothschild [43] påpeker at det i praksis vil kunne være visse "stordriftsfordeler" ved å endre kapitalen (faste opplæringsomkostninger, f.eks.) og at dette kan motvirke tendensen til progressiv stigning i investeringsomkostningene. Et av Jorgenson's nyere arbeider på feltet investeringsteori, Jorgenson [29], fra 1973, bør også nevnes i denne forbindelse. Jorgenson innfører her et skille mellom den aktivitet som gjelder bedriftenes anskaffelse av investeringsvarer og den som gjelder deres installasjon av investeringsvarer i produksjonsprosessen. Et hovedpoeng er at bedriftenes begrensede kapasitet for å absorbere investeringsvarer og transformere disse til produksjonskapital i seg selv bidrar til å innskrenke mulighetsområdet for de variable. Dette kommer i tillegg til den beskrankning produktfunksjonen representerer.

Tilpasningsomkostninger kan assosieres enten med brutto- eller med nettoinvesteringen. Begge løsninger har sine fortrinn, og det er ikke likegyldig hvilken som velges. Dessuten har en valget mellom å representere tilpasningsomkostningene ved et progressivt stigende element i investeringsutgiftsfunksjonen eller ved at investeringsvolumet inngår som separat argument i produktfunksjonen med negativ og avtagende derivert. Dette gir i alt fire kombinasjonsmuligheter. De vil fremtre som spesialtilfelle i den generelle modell vi skal betrakte nedenfor. For enkelhets skyld vil vi se bort fra skatter i dette avsnitt.

Vi definerer følgende hjelpevariabel

$$(3.28) \quad J^* = \dot{K} + m\delta K$$

hvor m = 0 eller 1. Valget av m avgjør om J^* representerer netto- eller bruttoinvesteringen. Produktfunksjonen (3.1) erstattes med

$$(3.29) \quad Q = F(L, K, J^*),$$

hvor vi som tidligere forutsetter $F_L > 0$, $F_K > 0$, $F_{LL} < 0$, $F_{KK} < 0$. Videre forutsettes $F_{J^*} \leq 0$, $F_{J^*J^*} \leq 0$; dvs. at investeringsaktiviteten legger en demper på produksjonen og at effekten stiger progressivt med investeringens størrelse. Investeringsomkostningene representeres ved

$$qJ + \frac{q^*}{2} J^{*2},$$

hvor $q^* = q^*(t) \geq 0$.[14] Første ledd er, som før, anskaffelsesomkostningene (J er fortsatt gitt ved (3.4)), mens annet ledd ivaretar den del av tilpasningsomkostningene som kan skilles ut som en komponent i omkostningsfunksjonen. Bedriftens cash-flow vil nå være lik

$$pF(L, K, J^*) - wL - qJ - \frac{q^*}{2} J^{*2}.$$

Som hjelpemiddel for maksimering av neddiskontert cash-flow under bibetingelsene (3.4) og (3.28) innfører vi Lagrange-uttrykket (λ_1 og λ_2 er Lagrange-parametre; de er funksjoner av tiden)

$$V = \int_0^\infty \left[e^{-rt} \{pF(L, K, J^*) - wL - qJ - \frac{q^*}{2} J^{*2}\} - \lambda_1 (J-\dot{K}-\delta K) - \lambda_2 (J^*-\dot{K}-m\delta K)\right] dt,$$

som kompakt kan skrives som

$$V = \int_0^\infty H(L, K, \dot{K}, J, J^*, t)\, dt.$$

Førsteordensbetingelsene for maksimum er

$$(a) \quad \frac{\partial H}{\partial L} = e^{-rt}\{p \frac{\partial F}{\partial L} - w\} = 0,$$

$$(b) \quad \frac{\partial H}{\partial J} = -e^{-rt} q - \lambda_1 = 0,$$

$$(c) \quad \frac{\partial H}{\partial J^*} = e^{-rt}\{p \frac{\partial F}{\partial J^*} - q^* J^*\} - \lambda_2 = 0,$$

$$(d) \quad \frac{\partial H}{\partial K} - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial H}{\partial \dot{K}}\right) = e^{-rt}\, p \frac{\partial F}{\partial K} + \delta\lambda_1 + m\delta\lambda_2 - \dot{\lambda}_1 - \dot{\lambda}_2 = 0.$$

---

14) Vi forutsetter at vi alltid har enten $F_{J^*J^*} < 0$ eller $q^* > 0$.

Av (a) følger at marginalbetingelsen for arbeidskraft blir den samme som i det friksjonsfri tilfelle, (3.6). Av (b) - (d) følger, etter eliminasjon av Lagrange-parametrene

$$(3.30)\quad \frac{\partial F}{\partial K} = \frac{q}{p}\left(r + \delta - \frac{\dot{q}}{q}\right) + \frac{q^{*}}{p} J^{*}\left(r + m\delta - \frac{\dot{q}^{*}}{q^{*}} - \frac{\dot{J}^{*}}{J^{*}}\right) - \frac{\partial F}{\partial J^{*}}\left(r + m\delta - \frac{\dot{p}}{p}\right) + \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial F}{\partial J^{*}}\right).$$

Dette er det generelle uttrykk for marginalbetingelsen for kapital i tilfellet med tilpasningsomkostninger. Som vi ser, er uttrykket vesentlig mer komplisert enn i det friksjonsløse tilfelle. (Jfr. (3.7).)

De fire spesialtilfelle kan karakteriseres på følgende måte:

Tilpasningsomk. er knyttet til / Tilpasningsomk. kommer til uttrykk i	Brutto-investeringen	Netto-investeringen
Produkfunksjonen	1. $q^{*} = 0, m = 1$	2. $q^{*} = 0, m = 0$
Investeringsomkostnings-funksjonen	3. $\frac{\partial F}{\partial J^{*}} \equiv 0, m = 1$	4. $\frac{\partial F}{\partial J^{*}} \equiv 0, m = 0$

Det fremgår at produktprisens stigningsrate vil være av betydning for marginaltilpasningen i tilfelle 1 og 2, men ikke i tilfelle 3 og 4. Vi ser videre at det som skiller tilfellene 1 og 3 fra 2 og 4, er at depresieringsraten inngår på forskjellig måte. Tilfelle 3 med $\dot{q} = \dot{q}^{*} = 0$ er studert av Gould [17].

Hittil er q^{*} betraktet som fri variabel. Det er nærliggende på en eller annen måte å knytte den til utviklingen i en av prisene i modellen. Spørsmålet er hvilken. På den ene side kunne det hevdes at tilpasningsomkostningen er en del av investeringsomkostningen, og at det derfor er naturlig å la q^{*} følge investeringsprisen. (I hvert fall ville dette være naturlig hvis annengradsleddet i omkostningsfunksjonen var ment å skulle reflektere monopsonistiske tendenser i investeringsvaremarkedet.) På den annen side vil det ofte være realistisk å oppfatte kapitaltilpasningsaktiviteten som en arbeidsintensiv aktivitet. Dette kunne motivere til å la q^{*} følge w, noe som ville bringe $\dot{w}/w$ inn i marginalbetingelsen (3.30) ved siden av $\dot{q}/q$.

Modellen (3.4), (3.28), (3.29), (3.6) og (3.30) bestemmer (under visse regularitetsforutsetninger) tidsfunksjonene for Q, L, K, J og J^{*}. Det er en egenskap ved løsningen at den ikke gir en "nærsynt" handlingsregel for bedriften. Det vil nå ikke lenger være slik at bedriften vil kunne tilpasse seg optimalt ved på ethvert tidspunkt i planleggingsperioden bare å ta hensyn til prissituasjonen i øyeblikket. Hele tidsforløpet for prisene får betydning. Dette innebærer spesielt at den løpende investering på desisjonstidspunktet (tidspunkt 0) vil avhenge av hele det fremtidige forløp av produktprisen, lønnssatsen og investeringsprisen.

Modellen gir et system av ikke-lineære førsteordens differensialligninger, som i alminnelighet er vanskelig å løse analytisk.[15] Enkelte egenskaper ved løsningen kan imidlertid avledes. Takayama [47] (pp. 697 - 703) har sett spesielt på en modell med stasjonære (konstante) priser og har analysert både pari-passu-tilfellet og det tilfellet da passuskoeffisienten er mindre enn 1 i omegnen av den optimale vekstbane. Hans konklusjon er at utviklingen i begge tilfelle vil konvergere mot en situasjon da bruttoinvesteringen er lik depresieringen (J=δK), dvs. en situasjon med konstant kapitalbeholdning. Om den kortsiktige utvikling er det vanskelig å si noe generelt; kapitalbeholdningens initialverdi spiller en sentral rolle. Denne konklusjon - som vel må sies å være lite spennende i relasjon til formålet å etablere en økonometrisk investeringsmodell - er det altså vi ledes til om vi forsøker å innføre tilpasningsomkostninger på en logisk konsistent måte i et neo-klassisk skjema for produsentadferd. Det er faktisk ganske bemerkelsesverdig at en så tilsynelatende uskyldig utvidelse av modellen gjør problemet analytisk sett så meget mer komplisert.

15) I visse spesialtilfelle lar det seg imidlertid gjøre å omforme systemet til en lineær annenordens differensialligning i K med konstante koeffisienter, som kan løses ved enkle metoder. Dette er eksempelvis mulig i tilfelle 3 hvis produktfunksjonen er Cobb-Douglas og pari-passu, q^{*} er proporsjonal med q og prisene vokser med konstante, men ikke nødvendigvis like, rater.

Hvis vi er villige til å gjøre et par forenklinger, er det imidlertid mulig å utlede en økonometrisk håndterbar relasjon på grunnlag av (3.30). Vi baserer oss på tilfelle 3 og gjør følgende forutsetninger:

(i) Produktfunksjonen er av Cobb-Douglas form med kapital som eneste variable produksjonsfaktor, dvs. $Q = aK^{\beta}$ $(0 < \beta \leq 1)$.

(ii) $q^{*} = kq$, hvor k er en positiv konstant.

Da forenkler (3.30) seg til:

$$\beta a K^{\beta-1} = \frac{q}{p}(r + \delta - \frac{\dot{q}}{q})(1 + kJ) - \frac{kq}{p}\dot{J},$$

som kan omformes til

$$\dot{J} - J(r + \delta - \frac{\dot{q}}{q}) = \frac{1}{k}(r + \delta - \frac{\dot{q}}{q}) - \frac{\beta a}{k}\frac{p}{q}K^{\beta-1}.$$

Vi approksimerer til diskret tid ved dessuten å sette

(iii) $\dot{q} \approx \Delta q_t = q_t - q_{t-1}$, $\dot{J} = \Delta J_t = J_t - J_{t-1}$, forøvrig dateres de variable til periode t-1.[16)]

Vi får da

$$(3.31)\quad J_t - J_{t-1}\{1 + (r_{t-1} + \delta - \frac{\Delta q_t}{q_{t-1}})\} = \frac{1}{k}(r_{t-1} + \delta - \frac{\Delta q_t}{q_{t-1}}) - \frac{\beta a}{k}\frac{p_{t-1}}{q_{t-1}}K_{t-1}^{\beta-1}.$$

Uttrykket på venstre side av denne relasjon er observerbart. De ukjente koeffisienter på høyre side, k, β og a, kan estimeres ved økonometriske metoder.

Vi har overfor forutsatt at restriksjoner på mulighetene for å variere kapitalen kan beskrives ved en progressivt stigende investeringsomkostningsfunksjon eller ved at investeringsvolumet inngår i produktfunksjonen med negativ og avtakende derivert. Begrensninger på mulighetsområdet kan imidlertid representeres på andre måter; eksempelvis kunne vi pålegge kravet om at bruttoinvesteringen skal ligge mellom to på forhånd fastsatte grenser,

$$(3.32)\quad J^{min} \leq J(t) \leq J^{max}.$$

Dette er ekvivalent med å si at investeringsomkostningen varierer proporsjonalt med investeringsvolumet innenfor intervallet $[J^{min}, J^{max}]$, men stiger til uendelig så snart investor beveger seg utenfor intervallgrensene. Ofte vil dette være en klart mer realistisk beskrivelse enn den enkle modell med friksjonsfri tilpasning (avsnitt 3.1) gir, selvom det kan være vanskelig å tenke seg J^{min} og J^{max} som strengt fikserte verdier.

Et interessant spesialtilfelle er tilfellet da det ikke er pålagt noen øvre skranke på investeringen ($J^{max} = \infty$), mens den nedre skranke er lik null ($J^{min} = 0$), dvs. at bruttoinvesteringen må være ikke-negativ. Sagt på en annen måte: Investeringsaktiviteten er <u>irreversibel</u>. Hvis (3.4) gjelder, betyr dette

$$(3.32a)\quad \dot{K} \geq -\delta K,$$

dvs. at kapitalen ikke kan reduseres raskere pr. tidsenhet enn den tekniske depresiering muliggjør. Dette er åpenbart en restriksjon å ta i betraktning for økonomien som helhet; selv i en åpen økonomi vil muligheten for å selge (flytte) brukt kapitalutstyr til utlandet være meget begrenset (Jfr. relasjonene (2.3) og (2.6).) For bygningskapital er dette i praksis utelukket, og for maskiner er

16) Approksimeringen kunne ha vært foretatt på andre måter. Valget av approksimeringsmetode kan ha betydning for modellens stokastiske egenskaper og for de resultater estimeringen leder til. Kfr. Sims [45], p. 311, hvor ytterligere referanser er gitt.

muligheten for å bli av med kapital på denne måten også nokså liten. Bare for visse typer av transportmidler - i første rekke skip - eksisterer det et noenlunde velutviklet marked for brukte kapitalgjenstander. Også for den enkelte bedrift vil (3.32a) kunne representere en effektiv beskrankning: Mange kapitalgjenstander er sterkt spesialisert og kan vanskelig benyttes andre steder enn der hvor de engang er installert, deres "alternativverdi" er lav. Dessuten vil det kunne påløpe betydelige installasjonsomkostninger, som bedriften ikke kan gjøre regning med å få dekket ved evt. salg, samtidig som det vil kreve ressurser å demontere kapitalen når den først er installert.

Tilfellet da ulikhetsrestriksjoner av formen (3.32) er pålagt, er analysert i detalj av Takayama [47] (pp. 688-697). Spesialtilfellet med irreversible investeringer (3.32a) er studert av Arrow[3]. La oss som avslutning på dette avsnittet om tilpasningsomkostninger gjengi Takayama's hovedkonklusjoner når det gjelder modellens investeringsutvikling i det tilfelle da produsentenes prisforventninger er stasjonære og produktfunksjonen ikke har pari-passu-karakter. (Vi erstatter hans symboler med våre.):

"1. The investment policy for the firm is to reach the "long-run" desired stock of capital (K^*) as soon as possible (that is, $J(t) = J^{max}$ if $K(0) < K^*$, and $J(t) = J^{min}$ if $K(0) > K^*$), and after reaching K^* to remain at K^*.

2. The "long-run" desired stock of capital, K^*, is determined by the usual marginal productivity principle." ([47], p. 686.)

Investeringsvolumet vil med andre ord anta sitt maksimale eller sitt minimale nivå, betinget av prissituasjonen og av den initiale kapitalbeholdning, og forbli der inntil den "langtidsoptimale" kapitalbeholdning (dvs. den kapitalbeholdning som ville være optimal under friksjonsfri tilpasning) nåes. Størrelsene J^{min} og J^{max} spiller altså en helt avgjørende rolle for den kortsiktige investeringsutvikling.

Dette er en teori for den enkelte bedrifts tilpasning. Hvis vi skulle forsøke å anvende den til økonometriske analyser av makrodata, ville vi ikke unngå å møte betydelige aggregeringsproblemer. Det ville blant annet trengs informasjon om fordelingen av størrelsene J^{min} og J^{max} over bedrifter, og vi ville måtte gjøre forutsetninger om i hvilken rekkefølge de enkelte bedrifter får sine "investeringsønsker" oppfylt. Det lar seg neppe gjøre å omforme den "teoretiske" handlingsregel ovenfor til relasjoner som kan konfronteres med makrodata av vanlig type.

4. INVESTERINGSRELASJON UTLEDET PÅ GRUNNLAG AV EN ÅRGANGSMODELL ("PUTTY-CLAY"-MODELL) FOR PRODUSENTADFERD

Et sentralt element i modellene i kapittel 3 er antagelsen om at produksjonsstrukturen kan beskrives ved en neo-klassisk produktfunksjon av formen (3.1), hvor produksjonsvolumet oppfattes som en funksjon av den samlede arbeidsinnsats og det samlede kapitalvolum. Flere forfattere har imidlertid satt spørsmålstegn ved realismen av denne forutsetning, idet de har hevdet at muligheten for å substituere kapital med arbeidskraft i produksjonsprosessen stiller seg annerledes før kapitalutstyret anskaffes enn etter at det er installert og tatt i bruk. Når bedriften skal ta beslutninger om sitt kapitalutstyr, har den i alminnelighet mulighet for å velge mellom kapitalobjekter med forskjellig krav til bemanning. Men er utstyret først anskaffet og installert, vil faktorforholdet være fastlåst innenfor nokså snevre grenser.

Et spesialtilfelle er hypotesen om en såkalt "putty-clay"-teknologi, dvs. at arbeidskraft og kapital er substitusjonsfaktorer før kapitalutstyret installeres ("ex ante"), men at de to produksjonsfaktorer må brukes i et fast forhold når kapitalen har antatt en bestemt fysisk form ("ex post"). (Kfr. f.eks. Allen [1], pp. 256 og 282.) En modell av denne type er diskutert av Johansen [24]. Det er uten videre klart at en slik modifikasjon av det teknologiske mulighetsområde i forhold til det neo-klassiske skjema har viktige implikasjoner for bedriftenes investeringsadferd. I dette kapittel vil vi betrakte "putty-clay"-teorien ut fra denne synsvinkel.

Med en "putty-clay"-teknologi vil kapitalobjekter installert på forskjellige tidspunkter ikke opptre som likeverdige faktorer i produksjonsprosessen. De enkelte kapitalobjekter vil måtte identifiseres ved deres installasjonstidspunkt. La

$K(t, \Theta)$ = Kapitalmengde installert (anskaffet) på tidspunkt Θ som er til stede som produktiv kapital på tidspunkt t ($t \geq \Theta$).

Denne kapitaldose inngår i produksjonsprosessen sammen med

$L(t, \Theta)$ = Mengde arbeidskraft som på tidspunkt t kombineres med kapital av årgang[1] Θ

og gir som resultat

$Q(t, \Theta)$ = Produktmengde produsert på tidspunktet t av kapital av årgang Θ og den tilhørende mengde arbeidskraft.

Mulighetsområdet for disse variable før kapitalen installeres, beskrives ved følgende <u>ex ante produktfunksjon</u>

$$(4.1)\quad Q(t, \Theta) = A(\Theta)\Phi\{L(t, \Theta), K(t, \Theta)\} \quad (t \geq \Theta).$$

Faktoren $A(\Theta)$ gir her uttrykk for det teknologiske nivå som er knyttet til kapitalårgangen Θ. Funksjonen Φ har samme form som en neo-klassisk produktfunksjon, og vi forutsetter, for enkelhets skyld, at den er <u>homogen av grad ε</u> i L og K. Ved installasjonen bindes faktorforholdet til en bestemt verdi, som bedriften selv kan velge. La $h(\Theta)$ betegne det forhold mellom arbeidsmengde og kapitalmengde som velges for Θ-årgangen, dvs.

$$(4.2)\quad \frac{L(t,\Theta)}{K(t,\Theta)} = h(\Theta) \qquad \text{for alle } t \geq \Theta.$$

Etter som tiden går, tas kapital etter hvert ut av produksjonsprosessen som følge av fysisk slitasje, ødeleggelse etc. La $B(s)$ betegne den andel av en kapitaldose av alder s som fortsatt er i produktiv virksomhet ($s \geq 0$). Vi forutsetter at $\{B(s)\}$ er stasjonær, dvs. uavhengig av kapitalens installasjonstidspunkt, og at

$$0 \leq B(s) \leq 1,\ B(0) = 1,\ \frac{dB(s)}{ds} \leq 0.$$

Lar vi, som tidligere, $J(t)$ betegne bruttoinvesteringen (kapitalanskaffelsen) på tidspunkt t, har vi følgelig

$$(4.3)\quad K(t, \Theta) = B(t-\Theta)\, J(\Theta).$$

Spesielt er $K(t,t) = J(t)$. Av (4.2) og (4.3) følger

$$(4.4)\quad L(t, \Theta) = B(t-\Theta)\, h(\Theta)\, J(\Theta).$$

La $N(\Theta) = L(\Theta,\Theta)$ betegne den mengde arbeidskraft som kombineres med den kapitalmengde som installeres på tidspunkt Θ, dvs. $N(\Theta) = h(\Theta)\, J(\Theta)$. Vi kan da alternativt skrive (4.4) som[2]

$$(4.4a)\quad L(t,\Theta) = B(t-\Theta)\, N(\Theta).$$

---

1) I det følgende vil vi for enkelhets skyld bruke betegnelsen 'årgang' på tross av at tiden oppfattes som kontinuerlig.

2) Relasjon (4.2) og den avledede relasjon (4.4) gir trolig en realistisk beskrivelse hvis formen på B reflekterer den hastighet med hvilken kapitalobjektene faktisk tas ut av produksjonsprosessen. Hvis B derimot representerer fysisk slitasje på fortsatt tilstedeværende objekter, vil det kunne være vel så rimelig å anta at kapitalobjektene krever samme bemanning som da de opprinnelig ble installert. I så fall burde (4.4) erstattes med $L(t,\Theta) = h(\Theta)\, J(\Theta)$. En slik beskrivelse ville bare kunne anvendes dersom Θ hadde et endelig variasjonsområde.

Vi vil i det følgende betrakte tidsfunksjonene J og N som bedriftens handlingsvariable.

Ved å integrere over Θ får vi følgende uttrykk for henholdsvis totalt produksjonsvolum, total arbeidsinnsats og totalt kapitalvolum på tidspunkt t (For enkelhets skyld regner vi som om kapitalen har uendelig lang (fysisk) levetid; dvs. at Θ har variasjonsområdet $\langle -\infty, t]$.)

$$Q(t) = \int_{-\infty}^{t} Q(t, \Theta)\, d\Theta = \int_{-\infty}^{t} A(\Theta)\Phi\{L(t, \Theta), K(t, \Theta)\}\, d\Theta, \tag{4.5}$$

$$L(t) = \int_{-\infty}^{t} L(t, \Theta)\, d\Theta = \int_{-\infty}^{t} B(t-\Theta)\, N(\Theta)\, d\Theta, \tag{4.6}$$

$$K(t) = \int_{-\infty}^{t} K(t, \Theta)\, d\Theta = \int_{-\infty}^{t} B(t-\Theta)\, J(\Theta)\, d\Theta. \tag{4.7}$$

En essensiell egenskap ved denne modellen er at Q(t) generelt ikke vil fremtre som en funksjon av L(t) og K(t). Det adskiller den fra modellen i avsnitt 3.1.

Ved innsetting av (4.3) og (4.4a) i (4.5), idet vi tar hensyn til homogenitetsforutsetningen, følger at Q(t) kan uttrykkes ved de handlingsvariable på følgende måte

$$Q(t) = \int_{-\infty}^{t} A(\Theta)\, B(t-\Theta)^{\varepsilon}\, \Phi\, \{N(\Theta), J(\Theta)\} d\Theta. \tag{4.8}$$

Vi forutsetter, som i avsnitt 3.1, at bedriften befinner seg på tidspunkt 0, er prisfast kvantumstilpasser og har som tilpasningsformål å maksimere den neddiskonterte verdi av cash-flow over intervallet $[0, \infty\rangle$, dvs. maksimere

$$W = \int_{0}^{\infty} e^{-rt}\, \{p(t)\, Q(t) - w(t)\, L(t) - q(t)\, J(t)\} dt, \tag{4.9}$$

hvor Q(t) og L(t) er gitt ved (4.8) og (4.6). Her har r, p, w og q samme betydning som i avsnitt 3.1. For enkelhets skyld ser vi fortsatt bort fra skatter.

Integralene (4.6) og (4.8) kan begge splittes i to, en del som er resultatet av beslutninger bedriften har truffet før desisjonstidspunktet og som altså er predeterminert, og en del som bestemmes av bedriften i planleggingsperioden. De to delene tilsvarer delintegralene fra henholdsvis $-\infty$ til 0 og fra 0 til t. La $L_o(t)$ og $Q_o(t)$ betegne de predeterminerte deler av henholdsvis L(t) og Q(t). Neddiskontert cash-flow kan da skrives som

$$W = \int_{0}^{\infty} e^{-rt} \Big[p(t) \int_{0}^{t} A(\Theta)\, B(t-\Theta)^{\varepsilon}\, \Phi\, \{N(\Theta), J(\Theta)\} d\Theta - w(t) \int_{0}^{t} B(t-\Theta)\, N(\Theta)\, d\Theta - q(t)\, J(t) + p(t)\, Q_o(t) - w(t)\, L_o(t)\Big] dt. \tag{4.9a}$$

Vi vil i det følgende forutsette at produktprisen og lønnssatsen vokser eksponentielt, med rater lik henholdsvis h og f, dvs.

$$p(t) = p(0)e^{ht}, \qquad t \geq 0, \tag{4.10}$$

$$w(t) = w(0)e^{ft}, \qquad t \geq 0. \tag{4.11}$$

Ved innsetting av (4.10) og (4.11) kan (4.9a) omformes til[3]

(4.12) $$W = \int_0^\infty e^{-rt}\left[p(t)\Lambda_Q\, A(t)\, \Phi\{N(t),\, J(t)\} - w(t)\Lambda_L N(t) - q(t)\, J(t)\right] dt$$

$$+ \int_0^\infty e^{-rt}\left[p(t)\, Q_o(t) - w(t)\, L_o(t)\right] dt,$$

hvor vi har innført symbolene

(4.13) $$\Lambda_L = \int_0^\infty e^{-(r-f)x}\, B(x)\, dx,$$

(4.14) $$\Lambda_Q = \int_0^\infty e^{-(r-h)x}\, B(x)^\varepsilon\, dx.$$

Her kan Λ_L tolkes som den neddiskonterte verdi av den arbeidsmengde som i løpet av kapitalens levetid totalt sett bindes til en kapitaldose som krever en bemanning på én arbeidsenhet på installasjonstidspunktet. Λ_Q representerer den neddiskonterte verdi av den produktmengde som i løpet av kapitalens levetid totalt sett skapes av den kapitalmengde med tilhørende bemanning som på installasjonstidspunktet produserer én produktenhet. Som følge av produktfunksjonens homogenitetsegenskap må "effektivitetsvekten" $B(x)$ i dette tilfelle opphøyes i ε. Vi legger merke til at diskonteringsfaktorene er basert på forskjellige rentebegreper, nemlig realrentene $r-f$ og $r-h$.

Ved denne omforming har vi bragt uttrykket for W på formen ($L_o(t)$ og $Q_o(t)$ er, som nevnt, predeterminerte)

$$W = \int_0^\infty H(N(t),\, J(t),\, t)\, dt.$$

Førsteordensbetingelsene for maksimum følger da enkelt:

$$\frac{\partial H}{\partial N} = e^{-rt}\, \{p(t)\Lambda_Q\, A(t)\, \frac{\partial \Phi}{\partial N} - w(t)\Lambda_L\} = 0,$$

$$\frac{\partial H}{\partial J} = e^{-rt}\, \{p(t)\Lambda_Q\, A(t)\, \frac{\partial \Phi}{\partial J} - q(t)\} = 0,$$

som kan omformes til

(4.15) $$A(t)\, \frac{\partial \Phi\{N(t),\, J(t)\}}{\partial N(t)} = \frac{w(t)\Lambda_L}{p(t)\Lambda_Q},$$

(4.16) $$A(t)\, \frac{\partial \Phi\{N(t),\, J(t)\}}{\partial J(t)} = \frac{q(t)}{p(t)\Lambda_Q}.$$

---

3) Vi benytter oss her av følgende: Et dobbeltintegral av formen

$$I = \int_0^\infty \lambda_1\, (t) \int_0^t \lambda_2\, (t-\Theta)\lambda_3\, (\Theta)\, d\Theta dt$$

kan ved hjelp av transformasjonen $x = t - \Theta$, $y = \Theta$ omformes til:

$$I = \int_0^\infty \int_0^\infty \lambda_1\, (x+y)\, \lambda_2(x)\lambda_3\, (y)\, dx\, dy.$$

Hvis nå λ_1 er slik at vi kan skrive $\lambda_1(x+y) = \lambda_{11}\, (x)\, \lambda_{12}\, (y)$ for alle x og y, medfører dette at I kan splittes i to faktorer:

$$I = \{\int_0^\infty \lambda_{12}\, (y)\, \lambda_3\, (y)\, dy\}\, \{\int_0^\infty \lambda_{11}\, (x)\, \lambda_2\, (x)\, dx\}.$$

Uttrykkene på venstre side av (4.15) og (4.16) kan tolkes som grenseproduktivitetene av faktordosene N(t), J(t) ex ante. Tolkningen av uttrykkene på høyre side er også grei; ifølge (4.10), (4.11), (4.13) og (4.14) har vi nemlig:

$$w(t)\ \Lambda_L = \int_0^\infty e^{-rx}\ w(t+x)\ B(x)\ dx,$$

$$p(t)\ \Lambda_Q = \int_0^\infty e^{-rx}\ p(t+x)\ B(x)^\varepsilon\ dx.$$

Her representerer $w(t)\ \Lambda_L$ den (forventede) neddiskonterte lønnssum som produsenten binder seg til om han på tidspunkt t anskaffer en kapitaldose som på installasjonstidspunktet krever en bemanning på én arbeidsenhet. Tilsvarende er $p(t)\ \Lambda_Q$ den (forventede) neddiskonterte verdi på tidspunkt t av den produktmengde som produseres av den kapitalmengde med tilhørende bemanning som på installasjonstidspunkt produserer én produktenhet. Dermed gir (4.15) og (4.16) uttrykk for en marginal avveining mellom avkastningen ved å endre faktorinnsatsene og den omkostningsendring som dette fører med seg. Disse marginalbetingelsene er imidlertid ikke slik at de innebærer at bedriften får løst sitt maksimeringsproblem ved en "nærsynt" handlingsregel. Dette adskiller dem fra de tilsvarende betingelser ved et neo-klassisk opplegg (jfr. (3.6) og (3.7)). Fordi bedriftens investeringspolitikk i dag legger bånd på den fremtidige utvikling, vil tilpasningen avhenge av hele det fremtidige forløp av produktprisen og lønnssatsen. For investeringsprisen q er det imidlertid bare den øyeblikkelige verdi som teller.

Hvis vi spesielt forutsetter at strukturen i kapitalens tekniske forringelse kan beskrives ved en eksponentialfunksjon

$$(4.17)\quad B(s) = e^{-\delta s} \qquad \text{for } s \geq 0,$$

hvor $\delta > 0$, reduserer (4.13) og (4.14) seg til[4)]

$$(4.13a)\quad \Lambda_L = \frac{1}{r+\delta-f},$$

$$(4.14a)\quad \Lambda_Q = \frac{1}{r+\delta\varepsilon-h},$$

og marginalbetingelsene (4.15) og (4.16) blir

$$(4.15a)\quad A\frac{\partial\varphi}{\partial N} = \frac{w(r+\delta\varepsilon-h)}{p(r+\delta-f)},$$

$$(4.16a)\quad A\frac{\partial\varphi}{\partial J} = \frac{q(r+\delta\varepsilon-h)}{p}.$$

Disse relasjoner har en viss formell likhet med marginalbetingelsene for arbeidskraft og kapital ved et vanlig neo-klassisk opplegg, men det er viktige forskjeller. For det første vil grenseproduktiviteten av arbeidskraftdosen N(t) generelt ikke være lik forholdet mellom den øyeblikkelige verdi av lønnssatsen og produktprisen; det kommer inn en korreksjonsfaktor som avhenger dels av produktfunksjonens homogenitetsgrad, dels av det innbyrdes forhold mellom stigningsratene for lønnssatsen og produktprisen. For det annet er prisutviklingen for investeringsvarer uten betydning for den kortsiktige tilpasning; derimot inngår produktprisens stigningsrate h i marginalbetingelsen for kapital, (4.16a). For det tredje bygger disse marginalbetingelsene på den forutsetning at prisene viser konstante stigningsrater i <u>hele</u> planleggingsperioden; det er altså ikke tilstrekkelig - som i den neoklassiske modell - å forutsette at bare den kortsiktige prisutvikling er kjent for bedriften.

---

4) Vi forutsetter at $r+\delta-f$ og $r+\delta\varepsilon-h$ er positive, slik at begge integraler eksisterer.

Av (4.15) og (4.16) kan vi i prinsippet (under visse forutsetninger) avlede "etterspørselsfunksjoner" for N(t) og J(t). Relasjonen for J(t) blir av formen

$$(4.18)\quad J(t) = \psi_J \{\frac{w(t)\Lambda_L}{p(t)\Lambda_Q A(t)},\ \frac{q(t)}{p(t)\Lambda_Q A(t)}\}.$$

Hvis spesielt "kjernen" Φ i ex ante-produktfunksjonen (4.1) er av Cobb-Douglas-form, dvs:

$$(4.1a)\quad Q(t,\Theta) = A(\Theta)\, L(t,\Theta)^{\alpha}\, K(t,\Theta)^{\beta},$$

får vi[5)]

$$(4.18a)\quad J(t) = (\alpha^{\alpha}\beta^{1-\alpha})^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}\, A(t)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}\, q(t)^{-\frac{1-\alpha}{1-\alpha-\beta}}\, (w(t)\Lambda_L)^{-\frac{\alpha}{1-\alpha-\beta}}\, (p(t)\Lambda_Q)^{\frac{1}{1-\alpha-\beta}}.$$

Investeringsfunksjonen (4.18a) har en form som det skulle være overkommelig å behandle økonometrisk. Forutsetningen er selvfølgelig at vi har forhåndsinformasjon om depresieringsstrukturen, representert ved B(s), og om den teknologiske utvikling, representert ved A(t), og at vi er villig til (eller kan etablere et prinsipp til) å gjøre forhåndsanslag på prisstigningsratene f og h, slik at vi kan få bestemt Λ_L og Λ_Q. Med sikte på å øke modellens forklaringskraft burde vi også her forsøke å innarbeide de sentrale skatte- og avskrivningsregler i modellbeskrivelsen.

I tilfellet med en ex ante-produktfunksjon av formen (4.1a) ville vi av marginalbetingelsen for kapital, (4.16), kunne avlede[6)]

$$J(t) = \beta\,\frac{p(t)\Lambda_Q}{q(t)}\; Q(t,\, t).$$

Denne kunne også tolkes som en investeringsrelasjon. Her inngår imidlertid Q(t, t), dvs. den del av produktmengden på tidspunkt t som er produsert av den nyinvesterte kapital og den tilhørende mengde av arbeidsinnsats. Siden denne variabel i praksis vil være uobserverbar, har relasjonen neppe interesse som grunnlag for økonometriske analyser.[7)]

Avslutningsvis er det grunn til å poengtere følgende: Det putty-clay modellskjema som er skissert i dette kapittel, tar utgangspunkt i situasjonen for en enkelt bedrift. Det er ikke opplagt at vi uten videre kan applisere de konklusjoner denne teori gir, på eksempelvis nasjonalregnskapets produksjonssektorer. Det kan meget vel tenkes at de stivheter som forekommer i strukturen på mikronivå, mister sin betydning på makroplanet, etter aggregering over bedrifter med forskjellig startår, forskjellig aldersfordeling av kapitalen, forskjellig teknologi etc. Hvorvidt vi får makrosammenhenger som med rimelig grad av tilnærmelse viser "neo-klassisk" form, er imidlertid et åpent spørsmål. Vi skal ikke forfølge dette intrikate problem videre, men viser til Leif Johansen's monografi [25], hvor det er gitt en inngående diskusjon.

---

5) Jfr. den formelt sett analoge relasjon (3.8a) i det neo-klassiske tilfelle.
6) Jfr. den formelt sett analoge relasjon for "ønsket kapital", (3.16) i Jorgenson's "neo-klassiske" modell.
7) King [33] og Sumner [46], som analyserer investeringsadferd innenfor en putty-clay-modell med omkostningsminimalisering som tilpasningsformål, møter et tilsvarende problem. For å omgå dette gjør de den ad hoc-antagelse at den "nystartede" produksjon (Q(t, t) med våre symboler) kan uttrykkes som en enkel funksjon av den observerte tilvekst i den totale produksjon ($\Delta Q(t)$). Dette synes å være en lite tilfredsstillende forutsetning.

5. OM SAMMENHENGER MELLOM REALINVESTERINGEN OG PENGE- OG KREDITTMARKEDSVARIABLE

5.1. Innledning

Realinvesteringer i de enkelte foretakssektorer finansieres i stor utstrekning ved kredittytelser fra andre sektorer. I modellene i kapitlene 3 og 4 er de finanstransaksjoner som dette fører med seg, ikke spesifisert. Det er også unødvendig, da vi stilltiende har regnet med at det eksisterer et perfekt kapitalmarked, hvor foretakene (bedriftene) kan låne/plasere finansielle midler til den eksogent gitte rentesats i det omfang de måtte ønske. I praksis vil tilførselen av kreditt til den private sektor ofte være underlagt restriksjoner. "Kredittrasjonering" har vært et sentralt virkemiddel i norsk etterkrigsøkonomi; foretakene har ikke kunnet ta opp ubegrensede lån i banksektoren selv om de har vært villige til å betale den rentesats som forlanges.

I denne situasjon kan det hevdes at de rentabilitetsorienterte investeringsteorier som modellene i de foregående kapitler bygger på, bryter sammen og at de bør erstattes med en teori hvor følgende investeringsmotiverende faktorer settes i forgrunnen:

(i) foretakenes muligheter for å skaffe eksterne finansielle midler, bestemt ved bl.a.
- bankenes vilje og evne til å gi lån, som i betydelig grad reguleres ved direktiver fra myndighetene, bl.a. utlånsbestemmelser ("utlånstak"), reservekravbestemmelser og plaseringskrav,
- myndighetenes kontroll med kredittilførselen via obligasjonsmarkedet,
- muligheten for å skaffe likvide midler ved aksjeemisjoner,

  og endelig
- muligheten for å oppta lån i utlandet,

(ii) foretakenes overskudd etter skatt,

(iii) foretakenes likviditetssituasjon, dvs. sammensetningen av deres aktiva- og passivaposter.

Formålet med dette kapittel er - ved hjelp av noen enkle modeller - å forsøke å belyse de viktigste sammenhenger som gjelder mellom realinvesteringene og de"finansøkonomiske"variable. Spesielt vil vi diskutere på hvilke punkter det grunnleggende neo-klassiske skjema i avsnittene 3.1 og 3.2 vil måtte modifiseres for å få tatt hensyn til kredittrasjonering. Vår hovedkonklusjon vil være at selv i en situasjon med sterk kredittrasjonering vil det være for enkelt å regne som om investeringsvolumet bestemmes direkte ved tilgangen av finansielle midler.

Det er hensiktsmessig å starte med å undersøke hvilke bindinger som rent økosirkisk påhviler de variable i problemet. Dette er emnet for avsnitt 5.2. Dernest vil vi i avsnitt 5.3 diskutere andre restriksjoner på de variable, offentlige reguleringer og adferdsrelasjoner basert på hypoteser om optimaltilpasning, som helt eller delvis kan eliminere de gjenværende frihetsgrader. I avsnitt 5.4 vil vi formulere en forsøksvis konklusjon.

5.2. Grunnleggende økosirkrelasjoner mellom "realøkonomiske" og "finansøkonomiske" variable i foretakssektorene

Betrakt en vilkårlig foretakssektor (utenom banksektoren). Vi forutsetter at sektorens tilgang av finansielle midler i en periode skriver seg fra fire kilder:

T1. Det løpende driftsoverskudd, dvs. de løpende driftsinntekter fratrukket utgifter til vareinnsats og til belønning av arbeidskraft, men ikke fratrukket investeringsutgifter. Posten har nærmest karakter av en brutto eierinntekt.

T2. Renteinntekter/utbytte av fordringer på andre sektorer (regnet brutto, dvs. uten fradrag av renteutgifter).

T3. Tilvekst i lån fra andre sektorer (regnet brutto, dvs. uten fradrag av tilvekst i lån den motsatte vei).

T4. Aksjeemisjoner.

Denne totaltilgang av disponible midler i perioden forutsettes å kunne gis følgende fem anvendelser:

A1. Kjøp av investeringsvarer.

A2. Betaling av renter/utbytte på gjeld til andre sektorer (regnet brutto, jfr. T2).

A3. Tilvekst i utlån til andre sektorer (regnet brutto, jfr. T3).

A4. Dividendebetaling, dvs. godtgjørelse til foretakenes eiere (aksjonærer).

A5. Skattebetaling til det offentlige.

Vi antar at foretakssektorens finansielle plaseringer (jfr. A3) kan skje i to former[1]:

M = Beholdning av likvide fordringer på andre innenlandske sektorer (sentralbankpenger, bankinnskudd/investeringsfond etc.).

B_1 = Beholdning av fordringer på utlandet.

Sektorens lån (jfr. T3) kan anta to former, representert ved

U = Gjeld til (lån i) andre innenlandske sektorer (obligasjonslån, banklån etc.).

B_2 = Gjeld til utlandet.

Videre lar vi

A = Foretakssektorens aksjekapital (jfr. T4).

D = Dividender til aksjonærene (jfr. A4).

T = Skattebetaling til det offentlige (jfr. A5).

r = Avkastningsrate på M.

a = Rente på U.

b = Avkastningsrate på B_1 = Rente på B_2.

Endelig lar vi, som i kapittel 3, Q betegne bearbeidelsesverdien i faste priser, p dens prisindeks, L arbeidsinnsatsen, w lønnssatsen, K kapitalbeholdningen, J bruttoinvesteringen i faste priser og q dens prisindeks. M, B_1, U, B_2, A og K er beholdningsvariable, D, T, Q, L og J er strømningsvariable.

De 9 postene T1-T4, A1-A5 kan dermed representeres ved (punktum over en variabel betegner som før dens deriverte m.h.p. tiden)

T1. $pQ - wL$,

T2. $rM + bB_1$,

T3. $\dot{U} + \dot{B}_2$,

T4. $\dot{A}$,

A1. qJ,

A2. $aU + bB_2$,

A3. $\dot{M} + \dot{B}_1$,

A4. D,

A5. T.

Ved å sette summen av de 4 tilgangspostene T1-T4 lik summen av de 5 anvendelsespostene A1-A5 får vi økosirkligningen

$$(5.1)\qquad pQ - wL + rM - aU - b(B_2 - B_1) + \dot{U} + (\dot{B}_2 - \dot{B}_1) + \dot{A} - T = qJ + \dot{M} + D,$$

som legger én binding på samvariasjonen mellom investeringsutgiften qJ og de "finansielle" variable M, U, B_1, B_2, A, D samt deres tidsderiverte.

Ut fra denne relasjon - som er fundamental - er det nå nærmest trivielt å konstatere følgende: Hvis $pQ - wL$, M, A, T, D og r holder seg konstante, vil variasjonene i qJ følge variasjonene i $\dot{U} - aU + (\dot{B}_2 - \dot{B}_1) - b(B_2 - B_1)$, dvs. investeringsutgiften vil følge endringen i nettoutlånene (inklusive rentebetalingene) fra de øvrige sektorer. Like trivielt er det at qJ vil følge driftsoverskuddet (brutto eierinntekten) $pQ - wL$ hvis samtlige finansielle variable er konstante.

1) Vi forutsetter at det ikke skjer lånetransaksjoner direkte mellom de enkelte (innenlandske) foretakssektorer. Lånetransaksjoner utenom det organiserte kredittmarked forekommer i praksis og har uten tvil betydning for kredittvolumet i økonomien, men de er vanskelig å registrere, og vi velger her å neglisjere dem.

Økosirkbetraktninger av denne type gir naturligvis ingen holdepunkter for konklusjoner om hva som påvirker investeringsvolumet J; de gir intet grunnlag for å si hvilken vei en eventuell årsaks/virkningskjede mellom investeringsvariable og penge- og kredittvariable måtte gå. Det er et langt sprang fra å erkjenne (5.1) til å postulere at investeringsutgiften er funksjonelt avhengig av driftsoverskuddet og av tilgangen på lån fra andre sektorer (evt. av et mål for profitten og av sektorens "cash-flow").[2)]

Hypoteser om enveissammenheng mellom finansøkonomiske variable og realinvesteringen, i større eller mindre grad basert på ad hoc-antagelser og på observerte samvariasjoner i konjunkturforløpet, kan ikke danne grunnlaget for autonome investeringsrelasjoner. Ved å ta hensyn til de restriksjoner økonomisk adferdsteori pålegger de variable, vil vi snart bli klar over at samvariasjonen er av en langt mer kompleks natur. I neste avsnitt vil vi se nærmere på dette.

5.3. Adferdsrelasjoner og andre bindinger som kan begrunne sammenhenger mellom realinvesteringsvolumet og kredittmarkedsvariable

Vi starter med to grunnleggende "realøkonomiske" bindinger, produktfunksjonen (jfr. (3.1))

(5.2) $\quad Q = F(L, K)$

og sammenhengen mellom tidsfunksjonene for bruttoinvesteringsvolum og kapitalvolum (jfr. (3.4))

(5.3) $\quad J = \dot{K} + \delta K.$

Foreløpig har vi innført tre relasjoner som begrenser de variables mulighetsområde, (5.1) - (5.3).

Andre typer av restriksjoner som kan være aktuelle, er

(i) Skatteregler, som gir en funksjonell sammenheng mellom skattebeløpet T og de øvrige variable.

(ii) Restriksjoner på utlånsendringen fra innenlandske kredittinstitusjoner, f.eks. restriksjoner av typen $\dot{U} \leq \bar{u}$, hvor $\bar{u}$ er en eksogen tidsfunksjon, direkte eller indirekte bestemt av det offentlige.

(iii) Restriksjoner på foretakenes lånetransaksjoner i utlandet, f.eks. restriksjoner av typen $\dot{B}_2 - \dot{B}_1 \leq \bar{b}$, hvor $\bar{b}$ er en eksogent bestemt tidsfunksjon. (Eventuelt kunne det være lagt separate restriksjoner på $\dot{B}_1$ og $\dot{B}_2$.)

(iv) Et krav om at foretakenes beholdning av likvide midler ikke må underskride en viss grense, bestemt av det transaksjonsvolum som foretakene regner med å utføre. (Naturligvis kan det være også andre motiver enn transaksjonsmotivet for å sitte med likvide midler.) Hvis vi for enkelhets skyld tok produktverdien pQ som indikator for transaksjonsvolumet, kunne denne restriksjon representeres ved $M \geq G(pQ)$, hvor $G' > 0$.

(v) Sammenheng mellom tidsfunksjonene for A og D, som reflekterer aksjonærenes (eiernes) finansielle adferd. En enkel hypotese kunne være at aksjonærene krever at avkastningsraten på deres aksjeportefølje ikke skal underskride et bestemt nivå d (en konstant eller en tidsfunksjon), dvs. $D \geq dA$, hvor d igjen kunne være funksjonelt avhengig av avkastningsratene på de øvrige typer av finansobjekter, a, b og r.

Det er naturlig å forutsette at foretakene velger sin tilpasning innenfor det mulighetsområde som avgrenses av (5.1) - (5.3) samt de aktuelle tilleggsrestriksjoner av typene (i) - (v), ut fra et eller annet optimalitetskriterium. Innenfor et slikt skjema ville generelt de realøkonomiske og de finansøkonomiske variable bli simultant bestemt. Det er ikke tale om noen årsaks/virkningskjede den ene eller den annen vei mellom de to klasser av variable. Dette er en viktig konklusjon, ikke minst ut fra synspunktet investeringsanalyse.

For å belyse dette samspill nærmere vil vi se på strukturen i modellen i tre spesialtilfelle, som alle bygger på følgende forenklinger:

- aksjekapitalen holdes konstant, dvs. $\dot{A} = 0$,
- vi ser bort fra foretakenes plaseringer i likvide fordringer, dvs. $M = 0$,
- vi ser bort fra skatter, dvs. $T = 0$, og endelig
- vi ser bort fra eventuelle separate restriksjoner på $\dot{B}_1$ og $\dot{B}_2$ (B_1 og B_2) og erstatter B_2-B_1 med B=netto lån i (gjeld til) utlandet.

2) Av analyser hvor slike variable inngår som investeringsmotiverende variable, undertiden supplert med indikatorer for foretakenes beholdninger av likvide midler, akkumulerte fonds etc. kan nevnes Anderson [2], Courbis [11], [12], Eliasson [16], Klein og Goldberger [35] (pp. 10-13) og Meyer og Kuh [39] (særlig kapitlene VIII, IX, X og XII). Begrunnelsene har ofte ad hoc-karakter, men trekker under tiden på mer dyptgående teorier for foretakenes finansielle adferd, hvor risikobetraktninger, ønsket om å gardere seg mot insolvens etc. trekkes inn.

Økosirkligningen (5.1) forenkler seg da til

(5.4) $pQ - wL - aU - bB + \dot{U} + \dot{B} = qJ + D.$

Spesialtilfelle 1: Fullstendig kredittrasjonering. Eksogent bestemt dividende. Marginaltilpasning av arbeidskraften

Vi forutsetter her (i) at foretaket driver kortsiktig maksimering av profitten (egentlig eierinntekten) $pQ - wL$ m.h.p. arbeidskraften, som innebærer

(5.5) $\frac{\partial F}{\partial L} = \frac{w}{p}$,

(ii) at dividenden er eksogent gitt og (iii) at det offentlige har hånd om fastleggelsen av kredittilgangen både fra innenlandske og utenlandske lånemarkeder, dvs. D, $\dot{U}$ og $\dot{B}$ er eksogene.

Av (5.2) og (5.5) får vi uttrykk for Q og L av formen:

$$Q = h_Q\left(\frac{w}{p}, K\right),$$

$$L = h_L\left(\frac{w}{p}, K\right).$$

Settes disse inn i (5.4), får vi etter omforming følgende uttrykk for verdien av bruttoinvesteringen

(5.6) $qJ = ph_Q\left(\frac{w}{p}, K\right) - wh_L\left(\frac{w}{p}, K\right) + \dot{U} + \dot{B} - aU - bB - D.$

Denne relasjon sammen med (5.3) bestemmer tidsfunksjonene for J og K når tidsfunksjonene for de prisvariable, de kredittvariable og dividenden er gitt.

Hvis vi approksimerer til diskret tid og spesielt lar K i (5.6) representere kapitalbeholdningen ved periodens begynnelse, vil alle variable på høyre side være predeterminerte, og vi får, etter divisjon med q, en investeringsrelasjon i ordets vanlige betydning. Relasjonen har den spesielle egenskap at for gitte initialverdier for de beholdningsvariable varierer investeringsutgiften i takt med kredittilgangen; koeffisientene foran $\dot{U}$ og $\dot{B}$ er lik 1, mens koeffisienten foran D er lik -1.

Spesialtilfelle 2: Fullstendig kredittrasjonering. Cash-flow-maksimering

Spesialtilfelle 1 var basert på den (urealistiske) antagelse at dividendebetalingen var eksogent gitt. Som følge av dette ble kapitalvolumet fastlagt uten noen bakenforliggende optimalitets- eller lønnsomhetsbetraktninger.

Vi vil her forutsette at foretakssektorens tilpasningsformål er å maksimere den neddiskonterte verdi av dens dividendebetalingsstrøm til aksjonærene over intervallet $[0, \infty\rangle$, dvs. maksimere

(5.7) $W = \int_0^\infty e^{-\rho t} D(t)\, dt,$

hvor ρ er den kalkulasjonsrentesats som legges til grunn ($\rho > 0$).[3] Som i spesialtilfelle 1 forutsetter vi at $\dot{U}$ og $\dot{B}$ er eksogene.

Ved innsetting av (5.2) og (5.3) i (5.4) og videre innsetting i (5.7) følger at W kan skrives som

(5.8) $W = \int_0^\infty e^{-\rho t}\{pF(L, K) - wL - q(\dot{K} + \delta K) - aU - bB + \dot{U} + \dot{B}\}dt.$

Dette er et uttrykk av formen

(5.8a) $W = \int_0^\infty H(L, K, \dot{K}, B, \dot{B}, U, \dot{U}, t)dt.$

3)Det er her naturlig å assosiere W med aksjonærenes nyttefunksjonal, hvor ρ er deres tidspreferanserate. Eventuelt kunne vi la realverdien av dividendeutbetalingene inngå, idet vi deflaterer D(t) med en passende prisindeks.

De nødvendige førsteordensbetingelser for maksimering av W m.h.p. tidsfunksjonene L og K (U- og B-funksjonene inngår parametrisk) er[4)]

$$(5.9)\quad \frac{\partial H}{\partial L} = \frac{\partial H}{\partial K} - \frac{d}{dt}\left(\frac{\partial H}{\partial \dot{K}}\right) = 0,$$

som gir

$$(5.10)\quad \frac{\partial F}{\partial L} = \frac{w}{p},$$

$$(5.11)\quad \frac{\partial F}{\partial K} = \frac{q\left(\rho+\delta-\frac{\dot{q}}{q}\right)}{p}.$$

Vi får den samme marginalbetingelse for arbeidskraft som i spesialtilfelle 1 og en neo-klassisk marginalbetingelse for kapital, hvor aksjonærenes tidspreferanserate inngår som rentesats i uttrykket for den implisitte kapitalbrukerpris. (Kfr. avsnitt 3.1.) Innfører vi $c = q\ (\rho+\delta-\dot{q}/q)$, kan tilbudsfunksjonen for Q og etterspørselsfunksjonene for L og K skrives som

$$(5.12)\quad Q = g_Q\left(\frac{w}{p}, \frac{c}{p}\right),$$

$$(5.13)\quad L = g_L\left(\frac{w}{p}, \frac{c}{p}\right),$$

$$(5.14)\quad K = g_K\left(\frac{w}{p}, \frac{c}{p}\right).$$

Settes (5.12) og (5.13) inn i (5.4), får vi følgende uttrykk for investeringsbeløpet

$$(5.15)\quad qJ = pg_Q\left(\frac{w}{p}, \frac{c}{p}\right) - wg_L\left(\frac{w}{p}, \frac{c}{p}\right) + \dot{U} + \dot{B} - aU - bB - D.$$

Ved innsetting av (5.14) i (5.3) følger (jfr. (3.9))

$$(5.16)\quad J = g_{K1}\left(\frac{w}{p}, \frac{c}{p}\right)\cdot\left(\dot{\frac{w}{p}}\right) + g_{K2}\left(\frac{w}{p}, \frac{c}{p}\right)\cdot\left(\dot{\frac{c}{p}}\right) + \delta g_K\left(\frac{w}{p}, \frac{c}{p}\right),$$

hvor g_{Ki} betegner den deriverte av g_K m.h.p. i-te argument (i=1,2). Relasjonene (5.15) og (5.16) bestemmer rekursivt investeringsvolumet og dividendebetalingen når tidsfunksjonene for de prisvariable og de kredittvariable er gitt: Investeringsvolumet bestemmes ved de prisvariable ved (5.16); i neste omgang bestemmes dividendebetalingen ved (5.15) når tidsfunksjonene for de kredittvariable er gitt. Myndighetene kan med andre ord styre periodiseringen av dividendebetalingen, men ikke investeringsutviklingen innenfor denne modellen.

Slik modellen nå står, ligger det ingen restriksjoner på D; eksempelvis er det fullt mulig at den kan bli negativ. Dette er tenkelig i praksis hvis foretakene har mulighet for tilskudd fra deres eiere, kan tære på oppsamlede fonds etc., men en nedre grense for D er det, iallfall på noe lengre sikt, avgjort grunn til å regne med. Dette kan medføre at endringer i kredittilførselen slår tilbake i investeringsvolumet. Medmindre (5.16) skal brytes, kan ikke dette skje uten at noen av de prisvariable, f.eks. q eller ρ og derigjennom c, endres.[5)]

4) Vi ser i det følgende bort fra fortegnsrestriksjoner og andre ulikhetsrestriksjoner på de variable. Hensyntagen til slike restriksjoner, som ofte er av stor praktisk betydning for kredittmarkedsvariable, ville gjøre diskusjonen mer generell og mer realistisk, men samtidig analytisk mer komplisert. Vi får trolig underbygget de sentrale poenger uten bruk av det "kontrollteoriopplegg" som en slik utvidelse ville betinge.

5) En modifikasjon av denne modellen kunne gå ut på at muligheten for egenfinansiering av investeringene utelukkes, idet foretakenes optimalisering underlegges bibetingelsen $qJ=\dot{U}+\dot{B}$. La λ være Lagrange-multiplikatoren tilordnet denne bibetingelse. Det kan vises at ved en slik modifikasjon ville marginalbetingelsen for arbeidskraft bli upåvirket, mens telleren i den prisvariable i marginalbetingelsen for kapital (kfr. (5.11)) ville endres til

$$q\ (1+\lambda)(\rho+\delta-\dot{q}/q)-q\dot{\lambda}.$$

Siden λ er positiv når kredittrestriksjonen er effektiv, betyr dette at den implisitte leiepris ("skyggepris") på kapitaltjenester vanligvis blir større enn i spesialtilfelle 2, da vi forutsatte at foretaket hadde mulighet for å benytte dividendebetalingen som "buffer". Skyggepriser ved kredittrasjonering av denne type er diskutert ved et lineær-programmeringsopplegg av Baumol og Quandt [4].

Spesialtilfelle 3: Innenlandsk kredittrasjonering. Cash-flow-maksimering

Dette spesialtilfelle adskiller seg fra spesialtilfelle 2 ved at B betraktes som endogen variabel for foretakssektoren, foretakene kan fritt oppta lån i utlandet til rentesatsen b i det omfang de måtte ønske. Tilførselen av lånemidler fra innenlandske kredittinstitusjoner reguleres fortsatt av myndighetene, dvs. U er eksogen.

I dette tilfelle vil b være den aktuelle kalkulasjonsrentesats for foretakenes intertemporale sammenligninger. Når det utenlandske lånemarked er fritt, er det rentesatsen på dette lånemarked som vil bli lagt til grunn ved de marginale avveininger. Dette er intuitivt rimelig og kan vises formelt. Vi får da ganske enkelt å erstatte ρ med b i formel (5.11) og i det uttrykk for c som inngår i (5.12) - (5.16).

Også i dette tilfelle vil derfor investeringsvolumet bli bestemt ved (5.16). "Finansieringsbehovet" vil dernest bli bestemt ved (5.15). Det er en egenskap ved modellen slik den nå står, at den ikke fastlegger hvor meget av dette "behovet" som vil bli dekket ved lån fra utlandet og hvor meget som vil bli dekket ved å tilpasse de løpende dividendebetalinger.[6)]

5.4. Forsøksvis konklusjon

Den situasjon vi har hatt på de norske investerings- og kredittmarkeder i mesteparten av etterkrigstiden, har trolig elementer fra alle de tre spesialtilfelle som vi har betraktet i avsnitt 5.3. Noe summarisk kan den vel karakteriseres på følgende måte: Det offentlige regulerer direkte eller indirekte store deler av kredittilførselen fra innenlandske kredittinstitusjoner. Rentesatsene for de lån som ytes, holdes på et lavere nivå enn det som ville bringe likevekt på kredittmarkedene. Også kredittilførselen fra utlandet er i betydelig grad underlagt offentlig kontroll. For disse lån ligger rentenivået stort sett høyere enn det innenlandske. I denne situasjon er det etterhånden vokset frem kredittformidlingsinstitusjoner som ikke omfattes av de offentlige reguleringer og som yter lån til rentesatser som ligger vesentlig over de regulerte - det såkalte "grå" kredittmarked.

Hvilket opplegg bør vi satse på i en slik situasjon? Mer presist: Bør vi satse på en modell som eksemplifisert ved spesialtilfelle 1 med (5.6) som investeringsrelasjon eller bør vi heller bygge på en relasjon av typen (5.16)? Begge opplegg betegner drastiske forenklinger i forhold til et generelt skjema som fullt ut tilgodeser den gjensidige avhengighet mellom "realøkonomiske" variable og penge- og kredittvariable. Svaret avhenger vel av om vi tror de økosirkiske bindinger "trekker sterkere" enn foretakenes marginale avveininger i kapitaltilpasningen.[7)] Av spesialtilfellene 2 og 3

6) Dette henger sammen med at modelløsningen i dette tilfelle formelt svarer til å sette $\rho = b$. Når U er gitt, er det da bare differensen $\dot{B}$-D som vil være determinert; $\dot{B}$ og D er ubestemt hver for seg. Analysen ville ha blitt en del modifisert om vi istedenfor å representere kredittrasjoneringen ved at a og U er eksogene, hadde betraktet lånerenten a som en monotont stigende funksjon av lånemassen U (og eventuelt gjorde det tilsvarende med b og B). En analyse av tilpasningen med en slik beskrivelse er gjennomført av Milleron [40] (se spesielt avsnittene 2 og 4).

7) Kfr. følgende sitat fra en artikkel av Leif Johansen, som behandler mulighetene for å styre de private realinvesteringer ved kredittregulering: "For politikk som styrer innenfor spektret av alternative press-situasjoner blir forholdene igjen oversiktligere, idet noe nær bokholderimessige sammenhenger her vil spille en mer avgjørende rolle. Beregninger av kredittrammer og kredittbudsjetter uten store innslag av adferdsmessige hypoteser, etter at de realøkonomiske forhold er beregnet, blir mer relevant. Det jeg her har nevnt, er en av grunnene til at mange økonometriske modeller utviklet i andre land, først og fremst USA, som legger betydelig vekt på kredittforhold og rentestruktur, ikke kan gi særlig mye av rettledning for utvikling av modeller for de tilsvarende forhold i Norge. De fleste slike økonometriske modeller er basert på adferdsmessige avbalanseringer både på spare- og plasseringssiden og på investeringssiden. For norske forhold tror jeg derfor det er riktigere å starte med en grundig bokholderimessig og institusjonell kartlegging av kredittforholdene og finansieringsforholdene ved investeringer av forskjellig slag enn å anslå atferdsmessige relasjoner etter mønster av økonometriske modeller som egentlig behandler andre slags situasjoner enn det vi har i Norge". ([26], p.8). Senere i artikkelen (pp. 9-10) nevnes imidlertid flere komplikasjoner ved å anvende "økosirkbaserte" investeringsrelasjoner i makromodeller. En særlig tungtveiende innvending er at denne type av "investeringsteori" bryter sammen hvis foretakenes "investeringsønsker" (bestemt ved realøkonomiske overveielser) periodevis blir så små at utlånsreguleringen ikke representerer noen effektiv beskrankning. Se også Brown [8] (særlig pp. 115-117) og kommentarene etter formel (5.1) ovenfor.

kan vi trekke den lærdom at hvis vi innfører en rentesats i relasjoner som uttrykker marginale avveininger, bør den reflektere hovedtrekkene i renteutviklingen på uregulerte kredittmarkeder. Den bør reflektere den alternativrentesats som er aktuell ved marginale variasjoner i kapitalbeholdningen. Et beslektet synspunkt som kan være nyttig, er at virkningen av de kredittrestriksjoner som gjelder, under visse forutsetninger kan "simuleres" gjennom et omkostningselement i den implisitte kapitalleiepris. [8] Naturligvis vil det kunne være vanskelig i praksis å finne en renteindikator som kan "bære" effekten av kredittrasjoneringen på en tilfredsstillende måte.

6. SKISSER AV OPPLEGG HVOR INVESTERINGSAKTIVITETEN BESTEMMES VED SAMSPILL MELLOM ETTERSPØRSELS- OG TILBUDSREAKSJONER PÅ KAPITALVAREMARKEDET

De modellopplegg som er diskutert i kapitlene 3-5, har alle én ting til felles: De bygger på at investeringsvolumet lar seg bestemme utelukkende på grunnlag av adferdsreaksjonene til de bedrifter som etterspør realkapital som produksjonsfaktor, gitt verdiene av visse eksogene variable. Reaksjonene til de adferdssektorer som produserer og tilbyr realkapital, er neglisjert.

Dette er en alvorlig innvending såvel teoretisk som empirisk. En i høy grad aktuell arbeidshypotese er at det er i forhold på tilbudssiden vi må søke forklaringen på at investeringsvolumet ikke svinger så sterkt som det isolerte betraktninger av kapitaletterspørrernes reaksjoner i et neo-klassisk skjema skulle tilsi (kfr. siste del av avsnitt 3.2) - med andre ord at resonnementer basert på tekniske eller institusjonelle tregheter, forventningstregheter eller omstillingsomkostninger (kfr. avsnittene 3.3 og 3.4) skyter over målet. [1]

Formålet med dette kapittel er å skissere modellopplegg som tilgodeser dette synspunkt. Vi vil starte med et forholdsvis generelt opplegg (avsnitt 6.1), som vi på forskjellige måter vil forsøke å forenkle i retning av empirisk håndterbare relasjoner (avsnittene 6.2 - 6.4).

6.1. En generell markedsmodell med M produksjonssektorer, K typer av konsumvarer og N typer av kapitalvarer

Betrakt en økonomi med M produksjonssektorer. Det produseres K typer av konsumvarer og N typer av kapitalvarer (investeringsvarer). Som innsatsfaktorer i produksjonen benyttes arbeidskraft og de N typer av realkapital som produseres. Vi innfører følgende symboler

C_{ik} = Produksjon av konsumvare nr. k i sektor nr. i.

J_{ij} = Produksjon av investeringsvare nr. j i sektor nr. i.

L_i = Innsats av arbeidskraft i sektor nr. i.

K_{ij} = Innsats av kapital av type j i sektor nr. i.

Her er $i=1, \ldots, M$, $k=1, \ldots, K$, $j=1, \ldots, N$.

Teknologien i sektor nr. i antas å kunne beskrives ved

$$(6.1) \qquad F_i(C_{i1}, \ldots, C_{iK}, J_{i1}, \ldots, J_{iN}) = G_i(L_i, K_{i1}, \ldots, K_{iN}), \; i = 1, \ldots, M,$$

hvor vi forutsetter at de førstederiverte av såvel F_i som G_i med hensyn på alle deres argumenter er positive over det aktuelle variasjonsområde. Ved å sette $F_i(\cdot)$ lik en konstant får vi beskrevet en produkttransformasjonsflate, mens $G_i(\cdot)$ satt lik en konstant genererer en isokvantflate. [2] I praksis vil selvsagt ikke alle sektorer produsere alle varer, men vi regner i denne omgang av symmetrigrunner som om dette er tilfelle.

8) Jfr. fotnote 5 ovenfor.

1) Dette er et sentralt poeng i Trygve Haavelmo's investeringsteori, som ble utviklet i 1950-årene. I Haavelmo [22] er det gitt en fremstilling av denne teorien. Bokens kapitler 31 og 32 har vært "inspirasjonskilde" til dette kapittel.

2) Vi antar at F_i og G_i har de krumningsegenskaper som er nødvendige for å sikre at det blir bestemt en indre løsning ved profittmaksimering.

Vi vil i det følgende velge en "dobbel" CES-funksjon som analytisk representasjon av (6.1):

$$(6.2) \qquad \left(\sum_{k=1}^{K} a_{ik} C_{ik}^{g_i} + \sum_{j=1}^{N} b_{ij} J_{ij}^{g_i}\right)^{\frac{1}{g_i}} = \left(d_i L_i^{h_i} + \sum_{j=1}^{N} e_{ij} K_{ij}^{h_i}\right)^{\frac{\varepsilon_i}{h_i}},$$

hvor a-ene, b-ene, d-ene, e-ene, g-ene, h-ene og ε-ene er konstanter. For å sikre "riktig" krumning må $h_i < 1$ og $g_i > 1$.[3)4)] Det faller naturlig å tolke venstre side av (6.2) (som er homogen av grad 1 i de variable) som en indikator for produktmengden, og vi betegner den med X_i. En k-dobling av alle faktorinnsatser gir en $k\varepsilon_i$-dobling av X_i; det er derfor rimelig å betegne ε_i som passuskoeffisienten i produksjonen i sektor nr. i.

La

P_k = Pris på konsumvare nr. k.

q_j = Pris på investeringsvare nr. j.

c_j = Leiepris (brukerpris) for kapital av type j.

w = Lønnssats.

Profittmaksimering under hensyntagen til (6.1) gir førsteordensbetingelsene

$$(6.3) \qquad \frac{\partial C_{ik}}{\partial L_i} = \frac{w}{P_k} \qquad \text{for alle i og k,}$$

$$(6.4) \qquad \frac{\partial C_{ik}}{\partial K_{ij}} = \frac{c_j}{P_k} \qquad \text{for alle i, j og k,}$$

$$(6.5) \qquad \frac{\partial J_{ir}}{\partial L_i} = \frac{w}{q_r} \qquad \text{for alle i og r,}$$

$$(6.6) \qquad \frac{\partial J_{ir}}{\partial K_{ij}} = \frac{c_j}{q_r} \qquad \text{for alle i, j og r.}$$

La oss innføre symbolet $\mu_i = h_i/(g_i\varepsilon_i)$. Ved omforming av (6.3) - (6.6), idet vi tar hensyn til (6.2) og definisjonsligningen for X_i får vi for alle verdier av i, k, j og r

$$(6.7) \qquad \log L_i = \frac{1}{h_i-1}\log\frac{w}{P_k} + \frac{g_i-1}{h_i-1}\log C_{ik} + \frac{g_i(\mu_i-1)}{h_i-1}\log X_i + \text{konstant},$$

$$(6.8) \qquad \log K_{ij} = \frac{1}{h_i-1}\log\frac{c_j}{P_k} + \frac{g_i-1}{h_i-1}\log C_{ik} + \frac{g_i(\mu_i-1)}{h_i-1}\log X_i + \text{konstant},$$

$$(6.9) \qquad \log L_i = \frac{1}{h_i-1}\log\frac{w}{q_r} + \frac{g_i-1}{h_i-1}\log J_{ir} + \frac{g_i(\mu_i-1)}{h_i-1}\log X_i + \text{konstant},$$

$$(6.10) \qquad \log K_{ij} = \frac{1}{h_i-1}\log\frac{c_j}{q_r} + \frac{g_i-1}{h_i-1}\log J_{ir} + \frac{g_i(\mu_i-1)}{h_i-1}\log X_i + \text{konstant}.$$

Ligningene (6.7) - (6.10) er ikke uavhengige; regulært gir (6.7) og (6.8) MK+MN uavhengige ligninger, nemlig de MK ligninger (6.7) og de MN avledede ligninger

$$(6.11) \qquad \log K_{ij} - \log L_i = \frac{1}{h_i-1}\log\left(\frac{c_j}{w}\right) + \text{konstant}.$$

---

3) Mer generelt kunne vi ha latt såvel F_i som G_i være representert ved en kombinasjon av en Cobb-Douglas-og en CES-funksjon, den såkalte "generaliserte CES-funksjon".

4) Uten tap av generalitet kunne vi normalisere konstantene slik at enten $\Sigma_k a_{ik} + \Sigma_j b_{ij} = 1$ eller $d_i + \Sigma_j e_{ij} = 1$.

I tillegg gir (6.9) MN uavhengige ligninger. Utover dette bringer ikke (6.10) noen nye restriksjoner, idet den eneste tilleggsinformasjon (6.10) gir, allerede er ivaretatt av (6.11). Følgelig gir (6.7) - (6.10) tilsammen MK + 2MN uavhengige ligninger.

Relasjonssystemet (6.2) og (6.7) - (6.10) legger - under hensyntagen til definisjonsligningen for X_i - tilsammen M(K+2N+1) uavhengige restriksjoner på de KM C-er, de MN J-er, de MN K-er og M L-er. Vi har altså en determinert submodell i disse kvantumsvariable når samtlige prisvariable er gitt.

For å få en fullstendig markedsmodell må relasjonssystemet ovenfor suppleres med markedslikevektsbetingelser. Av sentral betydning i investeringssammenheng er de relasjoner som angir at det som produseres av hver enkelt investeringsvare, anvendes dels til å utbygge kapitalen (nettoinvestering), dels til å erstatte depresiering. Antar vi at alle kapitaltyper depresierer proporsjonalt, med δ_j som depresieringsrate for kapitaltype nr. j, har vi følgende likevektsbetingelser:

$$(6.12)\qquad \sum_{i=1}^{M} J_{ij} = \sum_{i=1}^{M} \dot{K}_{ij} + \delta_j \sum_{i=1}^{M} K_{ij}, \qquad j=1,\ldots\ldots,N.$$

Gjennom disse konfronteres så å si tilbyderreaksjonene for investeringsvarer med etterspørrerreaksjonene for realkapital.

Subsystemet (6.2), (6.7) - (6.10) er statisk. Ved å pålegge (6.12), hvor både nivåvariable og endringsvariable inngår, innføres et grunnleggende dynamisk element i modellen.

Et annet grunnleggende element i likevektsdannelsen på kapitalmarkedet er de relasjoner som gir sammenhengene mellom kapitalleieprisene c_j og investeringsprisene q_j. Vi spesifiserer dem som[5]:

$$(6.13)\qquad c_j = q_j\,(r + \delta_j)h_j \qquad j=1,\ldots,N,$$

hvor r betegner rentesatsen og h_j en eksogen skiftvariabel som tar vare på effekten av skatte- og avskrivningsregler (jfr. formel (3.7)).

Relasjonssystemet er homogent av grad null i de prisvariable. Bruker vi lønnssatsen w som 'numéraire', inneholder det følgende relative prisvariable:

$$\frac{p_k}{w},\ \frac{q_j}{w},\ \frac{c_j}{w}\ \text{og } r,$$

i alt K + 2N + 1 variable. Ved markedslikevektsrelasjonene (6.12) og (6.13) blir 2N av disse bestemt. De resterende frihetsgrader kan elimineres ved at vi enten

a) betrakter $\frac{p_k}{w}$ og r som eksogene variable, eller

b) innfører K konsumetterspørselsrelasjoner som knytter forbindelsen mellom $C_k = \Sigma_i C_{ik}$ (k=1,...,K) og de prisvariable i modellen (inntektsvariable fremkommer som produktsummer av pris - og kvantumsvariable) og én tilbudsfunksjon for arbeidskraft med prisvariable som argumenter. (Begge sett av relasjoner forutsettes å være homogene av grad null i de prisvariable.)

Uansett hvilken modellvariant som velges, blir produksjonen (tilbudet) av investeringsvarer, etterspørselen etter produksjonskapital, prisene på investeringsvarer samt leieprisene for realkapital simultant bestemt ved en dynamisk likevektsmekanisme. Det er altså en essensiell egenskap ved denne modellen at investeringsvolumet ikke bestemmes funksjonelt ved en enkelt relasjon - det finnes ingen direkte "investeringsmotiverende faktorer". Det å diskutere hvilke mekanismer som har betydning for investeringsvolumets størrelse, er det samme som å diskutere hvilke mekanismer som er bestemmende for investeringsprisen; pris- og kvantumsbestemmelsen kan ikke sees adskilt. Et par sitater fra Haavelmo er på sin plass:

> ".... the rate of investment is determined by a conjunction of the cost of producing capital goods and the yield from its use as a factor of production. Note that it is, actually, not the users of capital who "demand" investment, it is the producers of capital goods who determine how much they want to produce at the current price of capital" ([22], p. 196).

---

5) For enkelhets skyld ser vi foreløpig bort fra prisendringsleddet $\dot{q}_j/q_j$. Se imidlertid avsnitt 6.4.

og

"What we should reject is the naive reasoning that there is a "demand schedule" for investment which could be derived from a classical scheme of producers' behavior in maximizing profit. The demand for investment cannot simply be derived from the demand for capital. Demand for a finite addition to the stock of capital can lead to any rate of investment, from almost zero to infinity, depending on the additional hypothesis we introduce regarding the speed of reaction of the capital-users. I think that the sooner this naive, and unfounded, theory of the demand-for-investment schedule is abandoned, the sooner we shall have a chance of making some real progress in constructing more powerful theories to deal with the capricious shortrun variations in the rate of private investment". ([22], p. 216).

I de følgende avsnitt vil vi betrakte noen forenklinger av den simultane markedsmodell presentert ovenfor.

6.2. Modellvariant I: 1 sektor, 1 konsumvare, N kapitalvarer

Denne modellvariant oppnås ved å sette M=K=1 i beskrivelsen av den generelle modell i avsnitt 6.1. Idet vi utelater sektorfotskriften i, kan altså produksjonsstrukturen representeres ved

$$(6.14)\quad (aC^g+\sum_{j=1}^{N} b_jJ_j^g)^{\frac{1}{g}} = (dL^h+\sum_{j=1}^{N} e_jK_j^h)^{\frac{\varepsilon}{h}},$$

hvor a, b_j, d, e_j er positive konstanter, g>1, h<1. Vi oppfatter

$$(6.15)\quad X=(aC^g+\sum_{j=1}^{N} b_jJ_j^g)^{\frac{1}{g}}$$

som et generalisert produktbegrep. Profittmaksimeringsbetingelsene kan skrives på formen

$$(6.16)\quad \log K_j = \frac{1}{h-1}\log\frac{c_j}{p} + \frac{g-1}{h-1}\log C + \frac{\frac{h}{\varepsilon}-g}{h-1}\log X + \text{konstant},$$

$$(6.17)\quad \log L = \frac{1}{h-1}\log\frac{w}{p} + \frac{g-1}{h-1}\log C + \frac{\frac{h}{\varepsilon}-g}{h-1}\log X + \text{konstant},$$

$$(6.18)\quad \log J_j = \log C + \frac{1}{g-1}\log\left(\frac{q_j}{p}\right) + \text{konstant},\qquad (j=1,\dots,N),$$

hvor p er konsumvareprisen. Jfr. formlene (6.7) - (6.10) samt den etterfølgende diskusjon.

Sammen med (6.14) og (6.15) gir (6.16) - (6.18) 2N+3 uavhengige ligninger til bestemmelse av C, J_j, X, L og K_j når de relative priser er gitt. Hvis vi spesielt benytter en log-lineær approksimasjon av produktfunksjonen, kan (6.14) og (6.15) representeres ved

$$(6.19)\quad \log X = \alpha_C\log C + \sum_{j=1}^{N}\alpha_j\log J_j + \text{konstant},$$

$$(6.20)\quad \log X = \beta_C\log L + \sum_{j=1}^{N}\beta_j\log K_j + \text{konstant}.$$

På denne måte oppnår vi at den reduserte form av submodellen (6.16) - (6.20) - altså etterspørselsfunksjonene for L og K_j og tilbudsfunksjonene for C, J_j og X - blir funksjoner med konstante elastisiteter. Som følge av produktfunksjonens homogenitetsegenskap er

$$(6.21a)\quad \alpha_C + \sum_j \alpha_j = 1,$$

$$(6.21b)\quad \beta_C + \sum_j \beta_j = \varepsilon.$$

La oss omforme submodellen for produksjonssektorens tilpasning, slik den nå står, ved først å sette (6.18) inn i (6.19). Vi får

$$(6.22)\quad \log X = \log C + \frac{1}{g-1}\sum_{j=1}^{N}\alpha_j \log\left(\frac{q_j}{p}\right) + \text{konstant},$$

idet vi tar hensyn til (6.21a). Eliminasjon av logC fra (6.18) og (6.22) gir

$$(6.23)\quad \log J_j = \log X + \frac{1-\alpha_j}{g-1}\log\frac{q_j}{p} - \frac{1}{g-1}\sum_{k\neq j}\alpha_k \log\frac{q_k}{p} + \text{konstant}.$$

Relasjonene (6.16), (6.17), (6.19), (6.20) og (6.23) sammenfatter den informasjon om produsentenes tilpasning som dette modellskjemaet gir: Relasjonene (6.16) og (6.17) gir uttrykk for produsentenes avveininger mellom bruk av arbeidskraft og de forskjellige kapitaltyper, gitt aktivitetsnivået i produksjonen; (6.20) gir rammen for produksjonsaktiviteten i økonomien (produksjonskapasiteten), mens (6.19) og (6.23) reflekterer produsentenes avveininger når det gjelder produksjonens sammensetning. Relasjonene (6.16) - (6.17) på den ene siden og (6.23) på den annen representerer henholdsvis etterspørrer - og tilbyderreaksjoner. De er ikke rene etterspørsels/tilbudsfunksjoner, men kan passende kalles "quasi-etterspørsels/tilbudsfunksjoner".

Ved å sette de 5 relasjoner nevnt ovenfor på tilvekstform, utelate siste ledd, sumleddet, i "quasi-tilbudsfunksjonen" (6.23) og innføre symbolene

$$\mu = \frac{1}{h-1} < 0,$$

$$\eta = \frac{g-1}{h-1} < 0,$$

$$\lambda = \frac{\frac{h}{\varepsilon} - g}{h-1} \gtreqless 0 \text{ alt ettersom } \varepsilon \gtreqless \frac{h}{g}$$

kan submodellen for produsentadferd skrives på formen

$$(6.24)\quad \Delta \log K_j = \mu\Delta \log\frac{c_j}{p} + \eta\Delta \ln C + \lambda\Delta \log X,$$

$$(6.25)\quad \Delta \log L = \mu\Delta \log\frac{w}{p} + \eta\Delta \ln C + \lambda\Delta \log X,$$

$$(6.26)\quad \Delta \log X = \alpha_C\Delta \log C + \sum_{j=1}^{N}\alpha_j\Delta \log J_j,$$

$$(6.27)\quad \Delta \log X = \beta_C\Delta \log L + \sum_{j=1}^{N}\beta_j\Delta \log K_j,$$

$$(6.28)\quad \Delta \log J_j = \Delta \log X + \frac{\mu}{\eta}(1-\alpha_j)\Delta \log\frac{q_j}{p}.$$

Omforming av likevektsbetingelsene $J_j = \dot{K}_j + \delta_j K_j$ (jfr. (6.12)) slik at også de kommer på loglineær form, er et ikke-trivielt problem. Flere løsninger kan tenkes; poenget er at vi sikrer oss at modellens dynamikk bibeholdes. Vi vil skissere to forskjellige metoder. La oss for enkelhets skyld sløyfe fotskrift j og innføre den diskrete varianten av relasjonen, $J = \Delta K + \delta K_{-1} = K - (1-\delta)K_{-1}$, idet vi tenker oss at kapitalbeholdningen dateres ved periodens utgang.

Metode 1.

Vi har

$$J = K(1-(1-\delta)\frac{K_{-1}}{K}),$$

dvs.

$$\log J = \log K + \log\, (1-(1-\delta)\frac{K_{-1}}{K}).$$

Differensiering, idet vi oppfatter siste ledd som tilnærmet konstant (det svarer til at vi betrakter utviklingen langs en "referansebane" hvor K vokser med konstant rate), gir tilnærmet

$$(6.29)\quad \Delta\log J = \Delta \log K.$$

Det betyr at bruttoinvesteringen og kapitalbeholdningen vokser med samme rate. Ved kortsiktige analyser er dette neppe noen heldig forutsetning.

Metode 2.

Vi tar utgangspunkt i tilvektsformen

$$(6.30)\quad \Delta J = \Delta K - (1-\delta)\Delta K_{-1},$$

som ved divisjon med $J=K-(1-\delta)K_{-1}$ gir

$$\frac{\Delta J}{J} = \kappa_1 \frac{\Delta K}{K_{-1}} - \kappa_2\kappa_1 \frac{\Delta K_{-1}}{K_{-2}},$$

hvor $\kappa_1=K_{-1}/(K-(1-\delta)K_{-1})$ og $\kappa_2=(1-\delta)K_{-2}/K_{-1}$. Under forutsetning av at κ_1 og κ_2 er tilnærmet konstante, gjelder altså tilnærmet

$$(6.31)\quad \Delta\log J = \kappa_1\Delta\log K - \kappa_2\kappa_1\Delta\log K_{-1}.$$

Denne relasjon er mer generell enn (6.29), idet den reflekterer bruttoinvesteringens avhengighet av kapitalakkumulasjonen i såvel inneværende som foregående periode. Hvis K vokser med konstant rate langs "referansebanen", er (6.31) og (6.29) ekvivalente.

Det som nå gjenstår for å få en komplett modell for investeringsvaremarkedet med relasjoner på log-lineær tilvekstform, er å transformere (6.13) til

$$(6.32)\quad \Delta\log\, (\frac{c_i}{p}) = \Delta\log\, (\frac{q_j}{p}) + \Delta\log\, (r+\delta_j) + \Delta\log\, h_j.$$

Modellen - som inneholder relasjonene (6.24) - (6.28), (6.32) samt (6.29) eller (6.31) - determinerer log-tilvekstene i følgende variable

$$K_j,\ L,\ J_j, C,\ X,\ \frac{c_i}{p},\ \frac{q_i}{p}$$

når log-tilvekstene i $\frac{w}{p}$, h_j og $r+\delta_j$ er eksogent gitt. (Eventuelt kan det innføres arbeidstilbuds- og konsumetterspørselsrelasjoner.)

Skal dette analyseskjema kunne anvendes i praksis, vil utvidelser og modifikasjoner i flere retninger kunne vise seg nødvendig. De mest aktuelle utvidelser er kanskje følgende:

(i) Det vil måtte tas hensyn til andre sluttleveringskategorier enn privat konsum og investering. Offentlig konsum og investering samt eksport bør kunne fastlegges eksogent. For lagerendring, som på mange måter har nær tilknytning til investering i fast realkapital, vil andre løsninger måtte vurderes.(Jfr. punkt (iv).)

(ii) Import vil måtte innarbeides. Substitusjonsmuligheter mellom innenlandsk produksjon og import kan f.eks. - noe ufullkomment - ivaretas ved at importandelene gjøres avhengig av forhold mellom priser på norskproduserte og tilsvarende importerte varer.

(iii) Det vil antagelig vise seg nødvendig å innføre reaksjonstregheter eller forventningsjusteringer i noen av modellrelasjonene, kanskje spesielt quasi-etterspørsels- og tilbudsfunksjonene (6.24) og (6.28). Dette kan f.eks. gjøres ved aksessorisk å legge lagfordelinger på én eller flere av de høyresidevariable i disse relasjonene. Aksessoriske tilleggsvariable som bedriftsoverskudd og kredittilgang kan også komme på tale.

(iv) Endelig kan det være aktuelt å åpne muligheten for variasjoner i kapasitetsutnyttelsen. Dette kan f.eks komme til uttrykk ved at det begrepsmessig sondres mellom den X-variabel som inngår i (6.24), (6.25) og (6.27) og den som inngår i (6.26) og (6.28). Behandlingen av lagervariasjoner og variasjoner i kapasitetsutnyttelsen bør sees i sammenheng.

6.3. Modellvariant II: 1 konsumvare, N kapitalvarer, én sektor for hver vare

Modellvariant I beskriver produksjonsstrukturen ved at økonomien består av én sektor som driver flervareproduksjon, med arbeidskraft og N typer av kapital som input og én konsumvare og N typer av investeringsvarer som output. Modellvariant II forutsetter samme kategorier av input og output, men representerer ellers den motsatte ytterlighet: Det spesifiseres N produksjonssektorer, som alle driver énvareproduksjon; én sektor produserer konsumvaren, de øvrige N sektorer produserer hver sin investeringsvare. Dette svarer til å sette K=1 og M=N+1 i den generelle modell i avsnitt 6.1.

Produksjonsstrukturen i konsumvaresektoren beskrives ved den enkle CES-funksjon[6)]

$$(6.33)\quad C = (d_C L_C^{h_C} + \sum_{j=1}^{N} e_{Cj} K_{Cj}^{h_C})^{\frac{\varepsilon_C}{h_C}},$$

hvor

C = Produksjon av konsumvaren.

L_C = Konsumvaresektorens innsats av arbeidskraft.

K_{Cj} = Konsumvaresektorens innsats av realkapital av type j (j=1, ..., N).

Sektorens profittmaksimeringsbetingelser kan skrives som (jfr. (6.7) og (6.8))

$$(6.34)\quad \log K_{Cj} = \frac{1}{h_C - 1} \log \frac{c_j}{p} + \frac{\frac{h_C}{\varepsilon_C} - 1}{h_C - 1} \log C + \text{konstant} \quad (j=1, \ldots, N),$$

$$(6.35)\quad \log L_C = \frac{1}{h_C - 1} \log \frac{w}{p} + \frac{\frac{h_C}{\varepsilon_C} - 1}{h_C - 1} \log C + \text{konstant}.$$

Produksjonsstrukturen i investeringsvaresektor nr. i, dvs. sektoren som produserer investeringsvare nr. i, beskrives på tilsvarende måte ved[7)]

$$(6.36)\quad J_i = (d_i L_i^{h_i} + \sum_{j=1}^{N} e_{ij} K_{ij}^{h_i})^{\frac{\varepsilon_i}{h_i}}, \quad (i=1, \ldots, N),$$

hvor

J_i = Produksjon av investeringsvare nr. i.

L_i = Investeringsvaresektor nr. i's arbeidsinnsats.

K_{ij} = Investeringsvaresektor nr. i's innsats av realkapital av type j (i=1,...,N;j=1,..,N).

---

6) Dette svarer til å sette alle b-koeffisienter i (6.2) lik null i konsumvaresektoren og sette sektorens g-koeffisient lik én.

7) Dette svarer til i (6.2) å sette alle a-koeffisientene lik null for alle investeringsvaresektorer, sette $b_{ij}=0$ for $j \neq i$ og sette $g_i=1$ for alle i.

Sektorens profittmaksimerinsbetingelser er (jfr. (6.9) og (6.10))

$$(6.37)\quad \log K_{ij} = \frac{1}{h_i-1}\log\frac{c_j}{q_i} + \frac{\frac{h_i}{\varepsilon_i}-1}{h_i-1}\log J_i + \text{konstant},$$

$$(6.38)\quad \log L_i = \frac{1}{h_i-1}\log\frac{w}{q_i} + \frac{\frac{h_i}{\varepsilon_i}-1}{h_i-1}\log J_i + \text{konstant}$$

$$(i=1, \ldots, N)$$
$$(j=1, \ldots, N).$$

La K_j betegne den totale etterspørsel etter kapital av type j. Vi har altså $K_j = K_{Cj} + \sum_{i=1}^{N} K_{ij}$. Ved bruk av (6.34) og (6.37) følger at vi kan skrive

$$(6.39)\quad K_j = A_C \left(\frac{c_j}{p}\right)^{\mu_C} C^{\lambda_C} + \sum_{i=1}^{N} A_i \left(\frac{c_j}{q_i}\right)^{\mu_i} J_i^{\lambda_i} \qquad (j=1, \ldots, N),$$

hvor A-ene er konstanter bestemt ved modellens strukturkoeffisienter og

$$\mu_C = 1/(h_C-1), \qquad \mu_i = 1/(h_i-1),$$

$$\lambda_C = \left(\frac{h_C}{\varepsilon_C} - 1\right)/(h_C-1), \quad \lambda_i = \left(\frac{h_i}{\varepsilon_i} - 1\right)/(h_i-1).$$

Av (6.35) og (6.38) kan vi avlede en tilsvarende relasjon for den totale arbeidskraftetterspørsel, men den skriver vi ikke opp. La K_{Cj} betegne konsumvaresektorens andel av kapitalbeholdningen av type j i et gitt basisår, og k_{ij} den tilsvarende andel i investeringsvaresektor i, $k_{Cj}+\sum_i k_{ij}=1$ for alle j. Ved differensiering av (6.39) følger da tilnærmet

$$(6.40)\quad \Delta \log K_j = k_{Cj}\left(\mu_C \Delta \log\left(\frac{c_j}{p}\right) + \lambda_C \Delta \log C\right)$$
$$+ \sum_{i=1}^{N} k_{ij}\left(\mu_i \Delta \log\left(\frac{c_j}{q_i}\right) + \lambda_i \Delta \log J_i\right) \qquad (j=1, \ldots, N).$$

Denne relasjon kan sies å representere etterspørselssiden på kapitalmarkedet. Relasjonen er imidlertid ingen etterspørselfunksjon i ordets vanlige betydning, idet de kvantumsvariable C og J_i opptrer som høyresidevariable.

Tilbudssiden kan representeres på flere måter. Mest tilfredsstillende er det å avlede de eksplisitte tilbudsfunksjoner på grunnlag av investeringsvareprodusentenes tilpasningsbetingelser (6.36) - (6.38). En analytisk forenkling vil det gi om vi innfører den logaritmisk-lineære tilnærmelse til produktfunksjonen (6.36). Vi vil da for investeringsvare nr. i få en tilbudsfunksjon av formen

$$(6.41)\quad \Delta\log J_i = m_i\,\Delta\log\frac{w}{q_i} + \sum_{j=1}^{N} n_{ij}\,\Delta\log\frac{c_j}{q_i} \qquad (i=1, \ldots, N),$$

hvor m-ene og n-ene er (kjente) funksjoner av strukturkoeffisientene i (6.36) - (6.38) og av det punkt som log-lineariseringen er foretatt fra.

Markedslikevektsbetingelsene blir de samme som i modellvariant I, nemlig kvantumsrelasjoner som kan approksimeres ved (6.29) eller (6.31), og prisrelasjoner av formen (6.32). Vi har da i alt 4N relasjoner av log-lineær tilvekstform, som bestemmer log-tilvekstene i

$$K_i,\ J_i,\ \frac{c_i}{p} \text{ og } \frac{q_i}{p}$$

når log-tilvekstene i $\frac{w}{p}$, C,h_j og $r+\delta_j$ er eksogent gitt. Eventuelt kan de resterende frihetsgrader elimineres ved at det innføres arbeidstilbuds- og konsumetterspørselsrelasjoner.[8)]

Strukturen i denne markedslikevektsmodellen er relativt komplisert. Det henger sammen med følgende:

a) I (quasi)-etterspørselsfunksjonen (6.40) inngår alle investeringsprisene $q_1, \ldots, q_N$ som argumenter, men bare én kapitalleiepris, nemlig den som svarer til vedkommende kapitalkategori, c_j. Dessuten inngår samtlige investeringsvariable J_i.

b) I tilbudsfunksjonen (6.41) inngår alle kapitalleieprisene $c_1, \ldots, c_N$ som argumenter, men bare én investeringspris, nemlig den som svarer til vedkommende investeringskategori, q_i.

Forenklinger kan derfor komme på tale.

En mulig forenkling kan gå ut på å betrakte J_j, q_j og c_j, $j \neq i$, som eksogene variable ved behandlingen av markedet for kapitalvaretype nr. i. Derved faller modellen fra hverandre i N separate "tilbuds/etterspørselskryss" slik at den analytisk sett blir enklere å håndtere. En mer drastisk - og for mange investeringskategorier klart urealistisk - forenkling kunne være å betrakte samtlige J_i som eksogene variable. En slik forenkling er naturligvis ikke aktuell for investeringsvarer hvor konkurransen fra utlandet er sterk. Det vil her være mer nærliggende å oppfatte investeringsprisen som eksogent bestemt på "verdensmarkedet".

Modifikasjoner av typene (i) - (iv) som vi antydet på slutten av avsnitt 6.2, kan komme på tale også for modellvariant II. I en sektorinndeling som den vi her legger opp til, skaper vareinnsatsstrømmene spesielle problemer. Uansett valget av sektorspesifikasjon vil input- og outputstrømmene være for kompliserte til at de kan innpasses i produktfunksjonene (6.33) og (6.36). Selv om vi gir avkall på substitusjon mellom vareinnsats på den ene side og arbeids- og kapitalinnsats på den annen og holder fast ved den enkle input-output-analysens forutsetning om faste vareinnsatsandeler i sektorens produksjon, vil modellen bli mindre oversiktlig enn den vi har skissert ovenfor.

6.4. Modellvariant III: En enkel partiell likevektsmodell for et kapitalvaremarked

Modellvariant III, som vi til slutt skal behandle, er ekstrem i den forstand at den setter tilbuds- og etterspørselsreaksjonene i ett enkelt kapitalmarked i fokus og neglisjerer alle øvrige reperkusjoner. Den representerer således en forenkling av både modellvariant I og modellvariant II. Med hensikt er beskrivelsen forenklet så langt som det er mulig å gjøre uten at hovedpoenget går tapt. På denne måten håper vi å klargjøre visse dynamiske aspekter ved kapitalakkumulasjonen som er viktige for den økonometriske modellformulering, men som det var vanskelig å få oversikt over i de mer generelle modeller.

Vi oppfatter tiden som diskret variabel og innfører følgende symboler:

J_t = bruttoinvesteringsvolum i periode t,

K_t = kapitalbeholdning ved utgangen av periode t,

q_t = pris på investeringsvarer i periode t,

c_t = pris på bruk av realkapital (implisitt leiepris) i periode t.

I markedet opptrer to grupper av aktører, etterspørrere av realkapital og tilbydere (produsenter) av investeringsvarer. For å forenkle presentasjonen forutsettes det at deres reaksjoner kan beskrives ved lineære relasjoner over et visst område for de variable.

---

8) Vi kunne eksempelvis definere den totale realinntekt i produksjonssektorene som $R=C+\Sigma_i (q_i/p)J_i$ - eller på logaritmisk tilvekstform: $\Delta \log R = \gamma_C \Delta \log C + \Sigma_i \gamma_i (\Delta \log (q_i/p) + \Delta \log J_i)$, hvor γ_C er konsumvaresektorens og γ_i investeringsvaresektor nr. i's andel av produksjonsverdien i et tenkt basisår - og innføre R (evt. $\Delta \log R$) som inntektsvariabel sammen med eventuelle andre variable i en makrokonsumfunksjon av Keynes-typen. Teoretisk mer tilfredsstillende ville det være å betrakte konsumetterspørselen og arbeidstilbudet som simultant bestemt ved en teori for husholdningsadferd, f.eks. en teori basert på maksimering av en nyttefunksjon med tidsutviklingen for konsum og fritid som argumenter.

Etterspørselen etter realkapital i periode t uttrykkes ved

(6.42) $K_t = ac_t + y_t$

og investeringsvareprodusentenes tilbud ved

(6.43) $J_t = bq_t + z_t$,

hvor a og b er konstanter, a<0, b>0, og y_t og z_t tidsfunksjoner som ivaretar eksogene skift i henholdsvis etterspørrer- og tilbyderreaksjonene.[9] Således kunne y_t og z_t representere effekten av andre prisvariable, f.eks. lønnssatsen. Variasjoner i utnyttelsesgraden for kapitalen kunne ivaretas av y_t, endringer i investeringsvareprodusentenes produktlager av z_t (en lagerøkning reduserer z_t, en lagerreduksjon øker z_t). Nettoimport av investeringsvarer kunne også komme til uttrykk i z_t. Relasjonenes konstantledd og (eventuelle) restledd tenkes å inngå i y_t og z_t.

Depresieringen forutsettes i hver enkelt periode å utgjøre en konstant andel δ av kapitalbeholdningen ved periodens begynnelse. Dette innebærer

(6.44) $K_t = J_t + (1-\delta)K_{t-1}$.

Med referanse til (6.43) og (6.44) kan vi si at tilbudet (tilgangen) av realkapital i periode t består av to komponenter; den ene, $(1-\delta)K_{t-1}$, er den kapital som etter fradrag av depresiering er overtatt fra periode t-1, den andre, J_t, er gitt ved (6.43), som representerer de produserte investeringsvarer i periode t.

Sammenhengen mellom prisen på bruk av realkapital, c_t, og investeringsprisen q_t forutsettes gitt ved

(6.45) $c_t = q_t\,(r+\delta) - s(q_t-q_{t-1})$,

hvor r er rentesatsen, som vi for enkelhets skyld betrakter som en eksogent gitt konstant[10], og hvor s er en hjelpeparameter som kan anta verdiene 0 eller 1. Formelen ivaretar derved både tilfellet da det ved fastsettelsen av brukerprisen på realkapital tas hensyn til prisendringer på realkapital (s=1) og tilfellet da det ikke gjøres (s=0). I det siste tilfelle blir c_t og q_t proporsjonale.

Eliminasjon av J_t og c_t fra (6.42) - (6.45) gir

(6.46) $K_t = a\{(r+\delta)q_t - s(q_t-q_{t-1})\} + y_t$,

(6.47) $K_t = bq_t + (1-\delta)K_{t-1} + z_t$,

som ved bruk av lag-operatoren L kan omformes til

(6.46*) $K_t = a(r+\delta-s+sL)q_t + y_t$,

(6.47*) $(1-(1-\delta)L)K_t = bq_t + z_t$.

---

9) Vi kan oppfatte (6.42) som en forenklet variant av (6.16) og (6.39), og (6.43) som en forenklet variant av (6.41). Spesielt neglisjerer vi at q kan inngå som argument i kapitaletterspørselsfunksjonen og at c kan inngå som argument i investeringstilbudsfunksjonen. Videre normaliserer vi c i kapitaletterspørselsfunksjonen og q i investeringstilbudsfunksjonen mot det generelle prisnivå i økonomien, som er satt lik 1. Modellen tar ikke hensyn til at en del av kapitaletterspørselen er selvetterspørsel fra investeringsvareprodusentene.
10) Modellen ville analytisk sett bli vesentlig mer komplisert om vi lot rentesatsen variere over tiden.

Dette er et system av førsteordens differensligninger i K_t og q_t. De eksplisitte tidsfunksjoner kan på kompakt form skrives som

$$(6.48)\quad q_t = \frac{(1-(1-\delta)L)y_t - z_t}{b-a(r+\delta-s+sL)\ (1-(1-\delta)L)},$$

$$(6.49)\quad K_t = \frac{by_t - a(r+\delta-s+sL)z_t}{b-a(r+\delta-s+sL)\ (1-(1-\delta)L)}.$$

Innsetting av (6.49) i (6.44) gir følgende uttrykk for investeringsvolumet

$$(6.50)\quad J_t = \frac{(1-(1-\delta)L)\ (by_t-a(r+\delta-s+sL)z_t)}{b-a(r+\delta-s+sL)\ (1-(1-\delta)L)}.$$

Relasjonene (6.48) - (6.50) beskriver den dynamiske struktur i kapitalmarkedet. Ved å skrive ut høyresidene av disse tre uttrykk vil vi finne at tidsutviklingen for q_t, K_t og J_t generelt avhenger av hele det tidligere forløp av de eksogene variable y_t og z_t. Bare hvis $\delta = 1$ (dvs. at kapitalen har en levetid på én periode) og samtidig $s = 0$, blir modellen statisk. Da er

$$q_t = \frac{y_t - z_t}{b-a(r+1)},$$

$$K_t = J_t = \frac{by_t-a(r+1)z_t}{b-a(r+1)}.$$

Det at minst én av disse to forutsetninger ikke er oppfylt er tilstrekkelig til å bringe inn dynamikk i systemet.

La oss se eksplisitt på uttrykkene for q_t og J_t. Ved å multiplisere på begge sider av likhetstegnet i (6.48) og (6.50) med lag-polynomet i nevneren, sette inn for L og dividere det fremkomne med $b-a(r+\delta-s)$ får vi[11)]

$$(6.48^*)\quad q_t = \frac{1}{b-a(r+\delta-s)}\{a(s-(r+\delta-s)\ (1-\delta))q_{t-1}-a\ s(1-\delta)q_{t-2} + y_t - (1-\delta)y_{t-1} - z_t\},$$

$$(6.50^*)\quad J_t = \frac{1}{b-a(r+\delta-s)}\{a(s-(r+\delta-s)\ (1-\delta))\ J_{t-1} - a\ s(1-\delta)J_{t-2}$$

$$+ by_t - b(1-\delta)y_{t-1} - a(r+\delta-s)z_t - a(s-(r+\delta-s)\ (1-\delta))z_{t-1} + a\ s(1-\delta)z_{t-2}\}.$$

Differensligningene (6.48^*) og (6.50^*) er av annen orden hvis s=1 og av første orden hvis s=0 (forutsatt at $\delta<1$). Kapitaletterspørrernes holdning til endringer i investeringsprisen er følgelig av avgjørende betydning for de variables tidsutvikling. Også rentesatsen og depresieringsraten spiller en sentral rolle, idet de er med på å bestemme samtlige koeffisienter i de to relasjoner. Bemerkelsesverdig er det også at investeringsprisen og investeringsvolumet alltid har identisk autoregressiv struktur innenfor denne modellen.[12)]

Vi vil ikke diskutere pris- og kvantumsrelasjonene (6.48^*) og (6.50^*) i detalj, men begrense oss til følgende: Når s=0, vil koeffisienten foran q_{t-1} og J_{t-1} i henholdsvis (6.48^*) og (6.50^*) ligge mellom 0 og 1. I begge ligninger er da koeffisienten foran y_t positiv og foran y_{t-1} negativ, z_t inngår med negativ koeffisient i (6.48^*) og med positiv i (6.50^*), mens z_{t-1} inngår med negativ koeffisient i (6.50^*). Når s=1, får vi ingen generelle fortegnskonklusjoner; uttrykket $b-a(r+\delta-1)$, som opptrer i nevneren i samtlige koeffisienter, kan anta såvel positive som negative verdier. Ved visse parameterkonstellasjoner vil systemet vise eksplosiv utvikling.

11) Disse relasjoner må ikke forveksles med redusert form-relasjoner. De siste finner vi ved å løse strukturligningene (6.42) - (6.45) slik at modellens endogene variable blir uttrykt ved de løpende eksogene, y_t og z_t, og de laggede endogene, q_{t-1} og K_{t-1}.

12) Dette er et eksempel på en generell egenskap ved dynamiske ligningssystemer. Se f.eks. Klein [34], p. 180.

Relasjon (6.50^{*}) er en dynamisk, autoregressiv investeringsrelasjon. Den er - i motsetning til de fleste andre investeringsrelasjoner av denne type som finnes i litteraturen (jfr. f.eks. kapittel 3 ovenfor) - etablert ved utelukkende å bygge på den dynamiske struktur i kapitalmarkedet med dets samspill mellom nivå- og endringsvariable. Aksessoriske lag-fordelinger har vi ikke gjort bruk av.

Naturligvis ville innslaget av dynamikk øke om vi innførte lagfordelinger i modellens strukturligninger. Således kunne vi tolke y_t og z_t som generelle lag-funksjoner i modellens eksogene variable, f.eks. ved å sette $y_t = \lambda_o y^{*}_t + \lambda_1 y^{*}_{t-1} + \lambda_2 y^{*}_{t-2} + \ldots\ldots$ og $z_t = \mu_o z^{*}_t + \mu_1 z^{*}_{t-1} + \mu_2 z^{*}_{t-2} + \ldots\ldots$, hvor y^{*}_t og z^{*}_t er de eksogene variable og λ-ene og μ-ene konstante koeffisienter. Også de endogene prisvariable i kapitaletterspørsels- og investeringstilbudsfunksjonen kunne forsynes med lagfordelinger, f.eks. ved å erstatte koeffisientene a og b i (6.42) og (6.43) med generelle lag-polynomer $a(L) = a_o + a_1 L + a_2 L^2 + \ldots\ldots$ og $b(L) = b_o + b_1 L + b_2 L^2 + \ldots\ldots$. På denne måten kunne vi bringe inn forskjellige former for tregheter i tilpasningen av betydning for de kortsiktige investeringsfluktuasjoner, men likevel bibeholde den grunnleggende simultanitet i bestemmelsen av priser og kvanta. Tidsfunksjonene for q_t, K_t og J_t ville i dette tilfelle fremkomme ved i (6.48) - (6.50) å erstatte a og b med a(L) og b(L).

REFERANSER

[1] Allen, R. G. D.: Macro-economic Theory. A Mathematical Treatment. (London: The Macmillan Press, Ltd., 1967.)

[2] Anderson, W. H. L.: Corporate Finance, and Fixed Investment, an Econometric Study. (Boston: Harvard University, 1964.)

[3] Arrow, K. J.: Optimal Capital Policy with Irreversible Investment. Kapittel 1, pp. 1-19, i J. N. Wolfe (ed.): Value, Capital, and Growth. Papers in honour of Sir John Hicks. (Edinburgh: Edinburgh University Press, 1968.)

[4] Baumol, W. J. og Quandt, R. E.: Investment and Discount Rates Under Capital Rationing - A Programming Approach. The Economic Journal, vol. 75 (1965), pp. 317-329.

[5] Bischoff, C. W.: Hypothesis Testing and the Demand for Capital Goods. The Review of Economics and Statistics, vol. 51 (1969), pp. 354-368.

[6] Biørn, E.: Avskrivningsregler og prisen på bruk av realkapital. Artikler fra Statistisk Sentralbyrå nr. 74 (Oslo: Statistisk Sentralbyrå, 1975).

[7] Biørn, E.: Investeringsanalyse på grunnlag av norske kvartalsdata - noen resultater for årene 1962-1970. Arbeidsnotater fra Statistisk Sentralbyrå, IO 75/40 (1975).

[8] Brown, M.: Profit, Output and Liquidity in the Theory of Fixed Investment. International Economic Review, vol. 2 (1961), pp. 110-121.

[9] Chenery, H. B.: Overcapacity and the Acceleration Principle. Econometrica, vol. 20 (1952), pp. 1-28.

[10] Christensen, L. R. og Jorgenson, D. W.: The Measurement of U.S. Real Capital Input, 1929-1967. The Review of Income and Wealth, vol. 15 (1969), pp. 293-320.

[11] Courbis, R.: The Fifi Model Used in The Preparation of the French Plan. Economics of Planning, vol. 12 (1972), pp. 37-78.

[12] Courbis, R.: Le comportement d'autofinancement des entreprises et le modèle FIFI. Annales de l'INSEE, no. 12-13 (Janv. - Août 1973), pp. 3-28.

[13] Dhrymes, P. J.: Distributed lags. Problems of Estimation and Formulation. (San Francisco: Holden-Day, Inc., 1971.)

[14] Eisner, R. og Nadiri, M. I.: Investment Behavior and Neo-Classical Theory. Review of Economics and Statistics, vol. 50 (1968), pp. 369-382.

[15] Eisner, R. og Strotz, R. H.: Determinants of Business Investment. Finnes i: Commision on Money and Credit. Impacts of Monetary Policy (Englewood Cliffs, N. J.: Prentice - Hall, Inc., 1963.)

[16] Eliasson, G.: Kreditmarknaden och industrins investeringar. (Stockholm: Industriens Utredningsinstitut, 1967.)

[17] Gould, J. P.: Adjustment Costs in the Theory of Investment of the Firm. The Review of Economic Studies, vol. 35 (1968), pp. 47-55.

[18] Gould, J. P.: The Use of Endogenous Variables in Dynamic Models of Investment. The Quarterly Journal of Economics, vol. 83 (1969), pp. 580-599.

[19] Griliches, Z.: Distributed Lags: A Survey. Econometrica, vol. 35 (1967), pp. 16-49.

[20] Griliches, Z. og Ringstad, V.: Economics of Scale and the Form of the Production Function. (Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1971.)

[21] Hickman, B. G.: Investment Demand and U.S. Economic Growth. (Washington D. C.: The Brookings Institution, 1965.)

[22] Haavelmo, T.: A Study in the Theory of Investment. (Chicago: The University of Chicago Press, 1960.)

[23] Intriligator, M. D. og Kendrick, D. A.: Frontiers of Quantitative Economics, vol. II. (Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1974.)

[24] Johansen, L.: Substitution versus Fixed Production Coefficients in the Theory of Economic Growth: A Synthesis. Econometrica, vol. 27 (1959), pp. 157-176.

[25] Johansen, L.: Production Functions. (Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1972.)

[26] Johansen, L.: (Hvordan) kan mål for utviklingen på kredittmarkedet avledes fra realøkonomiske målsettinger? Sosialøkonomen, bd. 29 nr. 1 (jan. 1975), pp. 5-10.

[27] Jorgenson, D. W.: Capital Theory and Investment Behavior. American Economic Review, vol. 53 (1963), pp. 247-259.

[28] Jorgenson, D. W.: The Theory of Investment Behavior. Finnes i: Ferber, R. (ed.): Determinants of Investment Behavior. (New York: National Bureau of Economic Research, 1967), pp. 129-155.

[29] Jorgenson, D. W.: Technology and Decision Rules in the Theory of Investment Behavior. The Quarterly Journal of Economics, vol. 87 (1973), pp. 523-543.

[30] Jorgenson, D. W.: Investment and Production: A Review. Kap. 6, pp. 341-366 (diskusjon pp. 366-375) i [23].

[31] Jorgenson, D.W. og Siebert, C. D.: A Comparison of Alternative Theories of Corporate Investment Behavior. American Economic Review, vol. 58 (1968), pp. 681-712.

[32] Jorgenson, D. W. og Stephenson, J. A.: Investment Behavior in U. S. Manufacturing, 1947-1960. Econometrica, vol. 35 (1967), pp. 169-220.

[33] King, M. A.: Taxation and Investment Incentives in a Vintage Investment Model. Journal of Public Economics, vol. 1 (1972), pp. 121-147.

[34] Klein, L. R.: A Textbook of Econometrics, Second Edition (Englewood Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1974.)

[35] Klein, L. R. og Goldberger, A. S.: An Econometric Model of the United States, 1929-1952. (Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1955.)

[36] Koyck, L. M.: Distributed Lags and Investment Analysis. (Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1954.)

[37] Leeuw, F. de: The Demand for Capital Goods by Manufactures: A Study of Quarterly Time Series. Econometrica, vol. 30 (1962), pp. 407-23.

[38] Lucas, R. E.: Optimal Investment Policy and the Flexible Accelerator. International Economic Review, vol. 8 (1967), pp. 78-85.

[39] Meyer, J. R. og Kuh, E.: The Investment Decision. An Empirical Study. (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1957.)

[40] Milleron, J.-C.: Rôle des facteurs financiers dans la décision d'investissement. Annales de l'INSÉÉ, no. 5 (Sept.-Déc. 1970), pp. 41-79.

[41] Nerlove, M.: Estimation and Identification of Cobb-Douglas Production Functions. (Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1965.)

[42] Nerlove, M.: Lags in Economic Behavior. Econometrica,vol. 40 (1972), pp. 221-251.

[43] Rothschild, M.: On the Cost of Adjustment. The Quarterly Journal of Economics, vol. 85 (1971), pp. 605-622.

[44] Rowley, J. C. R.: Investment Functions: Which Production Function? American Economic Review, vol. 60 (1970), pp. 1 008- 1 012.

[45] Sims, C. A.: Distributed Lags. Kap. 5, pp. 289-332, i [23].

[46] Sumner, M. T.: Taxation and Investment Incentives in a Vintage Investment Model. Comment. Journal of Public Economics, vol. 3 (1974), pp. 185-194.

[47] Takayama, A.: Mathematical Economics. (Hinsdale, Illinois: The Dryden Press, 1974.)