

**RAPPORTER**

**85/24**

**EN KVARTALSMODELL FOR  
INDUSTRISEKTORERS INVESTERINGER  
OG PRODUKSJONSKAPASITET**

AV  
ERIK BIØRN

---

STATISTISK SENTRALBYRÅ  
CENTRAL BUREAU OF STATISTICS OF NORWAY

RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ 85/24

# EN KVARTALSMODELL FOR INDUSTRISEKTORERS INVESTERINGER OG PRODUKSJONSKAPASITET

AV  
ERIK BIØRN

STATISTISK SENTRALBYRÅ  
OSLO — KONGSVINGER 1985

ISBN 82-537-2250-8  
ISSN 0332-8422

**EMNEGRUPPE**

Økonomisk og statistisk teori og metode

**ANDRE EMNEORD**

Industriinvesteringsmodell

Konjunkturmodell

Økonomisk kvartalsmodell

## FORORD

Statistisk Sentralbyrå har i lengre tid arbeidet med å utvikle modellverktøy for kortsiktige analyser av norsk økonomi. En første versjon av flersektorkvartalsmodellen KVARTS er nå operativ. I denne rapporten presenteres hovedresultatene fra arbeidet med å utforme og tallfeste ligningene for realinvesteringer og produksjonskapasitet i modellens industrisektorer.

Statistisk Sentralbyrå, Oslo, 28. august 1985

Arne Øien

## PREFACE

For some years, work has been going on in the Central Bureau of Statistics to develop models for short-term analyses of the Norwegian economy. A first version of the multisectoral quarterly model KVARTS is in operation. This report presents the main results of the econometric analysis which preceded the specification of the equation system for capital formation and production capacity in the manufacturing sectors of this model.

Central Bureau of Statistics, Oslo, 28 August 1985

Arne Øien

## INNHold

	Side
Sammendrag .....	6
1. Innledning. Langsiktig og kortsiktig tilpasning .....	7
2. Produksjonskapasitet, kapitalkoeffisienter og kapitalakkumulasjon; om den langsiktige teknologi .....	9
3. Tilpasning av produksjonskapasiteten .....	12
4. Tilpasning av kapitalkoeffisientene .....	14
4.1 Langsiktig omkostningsminimalisering. Generelt .....	14
4.2 Valg av funksjonsformer .....	16
4.3 Reaksjonsforsinkelser og forventningstreggheter .....	17
5. Behandling av depresiering .....	19
5.1 Økonomisk kontra mekanistisk depresieringsteori .....	19
5.2 Kvartalsfordeling av depresieringstallene .....	20
5.3 Depresieringsligningene. Sammenknytningen mellom kapital, investering og depresiering .....	22
6. Behandling av brukerpriser på kapital .....	24
7. Empiriske resultater .....	30
7.1 Noen hovedtrekk ved datamaterialet .....	30
7.2 Kapasitetstilpasningsligningene. Minste kvadraters estimator .....	33
7.3 Ligningene for tilpasning av kapitalkoeffisienter. Trinnvis estimering .....	36
7.4 Alternativ behandling av produksjonskapasiteten. Supplerende resultater for maskiner .....	40
7.5 Konklusjon .....	46
Fotnoter .....	47
Litteraturreferanser .....	51
Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå (RAPP) .....	52

## SAMMENDRAG

I rapporten presenteres hovedresultatene fra arbeidet med å spesifisere og tallfeste ligningene for realinvesteringer og produksjonskapasitet i industrisektorene i første versjon av kvartalsmodellen KVARTS. Analysen er forankret i neo-klassisk produksjonsteori og basert på at investeringsbeslutningene blir avledet dels av beslutninger om utbygging av produksjonskapasiteten og dels av beslutninger om valg av kapitalintensitet i produksjonen (kapitalkoeffisienter). Fem industrisektorer og to artsgrupper av kapital (bygninger mv. og maskiner og transportmidler mv.) spesifiseres. Den økonometriske behandling av reaksjonsforsinkelser og forventningstreggheter samt behandlingen av kapitalslit og brukerpriser på kapital diskuteres. De empiriske resultater tyder på at beslutningene om utbygging av produksjonskapasiteten i noen grad avhenger av mål for lønnsomhet i industrisektorene og at det er betydelig tregghet i tilpasningen av kapitalkoeffisientene til endrede faktorpriser. En del data- og måleproblemer diskuteres.

## 1. INNLEDNING. LANGSIKTIG OG KORTSIKTIG TILPASNING\*

Ved utforming av en modell for bedriftsadfærd med sikte på økonometrisk tallfesting kan det være fruktbart å tenke seg at bedriftene handler dels ut fra en langsiktig og dels ut fra en kortsiktig strategi. I økonomisk teori forutsetter man ofte at bedriftene bestemmer en rekke variable samtidig, ved optimalisering under et nærmere spesifisert sett av bibetingelser, som er ment å skulle uttrykke de tekniske, markedsmessige og institusjonelle bindinger som bedriftene er underlagt. Adferdsrelasjonene fremkommer ved å løse dette optimaliseringsproblemet. Denne måten å bygge opp en adferdsmodell på vil i alminnelighet lede til en økonometrisk sett meget komplisert modellspesifikasjon - iallfall hvis den skal omfatte de viktigste variable som bedriftene må antas å kunne kontrollere, som produksjonsvolum, innsats av primærfaktorer, investeringer, produktlager, produktpriser etc. Det vil måtte foretas forenklinger. En måte å gjøre dette på - men selvsagt ikke den eneste - er å tenke seg at ikke alle betingelsene er "like effektive" bestandig. Noen kan representere sterke bindinger på kort sikt, men har redusert betydning på lengre sikt, da andre bibetingelser blir mer fremtredende. Mer konkret kan dette avspeile at noen av bedriftenes beslutninger har en høyere grad av irreversibilitet - dvs. er vanskeligere eller mer omkostningskrevende å omgjøre - enn andre. Jo mer irreversibel beslutningene om en variabel er, desto lengre frem i tiden er det grunn til å anta at bedriftene ser når de fastsetter denne variabelen. Eksempler på slike variable er kapitalbeholdning og produksjonskapasitet, i noen grad også sysselsetting (antall sysselsatte personer). Faktisk produksjonsvolum og lagerbeholdning er eksempler på variable med forholdsvis liten grad av irreversibilitet i tilpasningen. Ut fra overveielser av denne typen kan en begrunne at skillet mellom en kortsiktig og en langsiktig tilpasning kan være en hensiktsmessig forenkling ved modellformuleringen, spesielt når det gjelder tilpasningen av primærfaktorinnsats og produksjonsvolum.

Hvordan en rent konkret skal definere skillet mellom lang og kort sikt, kan selvsagt diskuteres. Våre data for den foreliggende analysen er kvartalsdata, og vi har valgt å betegne en tilpasning som langsiktig hvis den skjer under en planleggingsperiode på flere kvartaler. De beslutninger bedriftene her treffer, tenkes å inngå blant restriksjonene på deres kortsiktige tilpasning. Der tenker vi oss at de variable blir bestemt som det er mulig, uten store omkostninger for bedriftene - gitt de valg som er truffet i den langsiktige tilpasning - å justere forholdsvis raskt når konjunktursituasjonen endrer seg. Planleggingsperioden er her forutsatt å være ett kvartal. Vi tenker oss med andre ord en rekursiv struktur i bedriftenes planlegging.

I denne rapporten vil vi forsøke å analysere empirisk en viktig side ved **industri-bedriftenes** langsiktige tilpasning, nemlig tilpasningen av realkapital og produksjonskapasitet. Arbeidet er utført som ledd i utviklingen av **kvartalsmodellen KVARTS**, og en del av resultatene er innarbeidet i første utgave av modellen, KVARTS-75. En oversikt over modellprosjektet er gitt i Biørn, Jensen og Reymert (1985). (Suffikset 75 indikerer at 1975 er basisår for fastprisseriene og prisindeksene.) Datagrunnlaget er kvartalsdata for årene 1966 - 1978. Valget av modell- og variabelspesifikasjoner er primært innrettet mot KVARTS-prosjektet, men arbeidet kan også betraktes som en oppfølging og videreføring av en tidligere undersøkelse, basert på kvartalsdata for årene 1962 - 1970, Biørn (1979). Men selv om både teori- og datagrunnlaget for de to undersøkelsene har viktige fellestrekk, er de ikke uten videre sammenlignbare. Riktignok bygger begge på **kvartalsvise nasjonalregnskapsdata**, men definisjonene av de sentrale variable, bruttoinvestering, kapitalbeholdning og depresiering, er forskjellige, ettersom dataene i Biørn (1979) er basert på gammel nasjonalregnskapsstandard, mens grunnlaget for den foreliggende undersøkelse er data etter ny nasjonalregnskapsstandard (SNA). Dessuten er kapitalomkostningene (brakerprisene på realkapital) beregnet ved forskjellige metoder. For det annet tar begge undersøkelsene utgangspunkt i **neo-klassisk produksjonsteori**, men tillemper den i forskjellige retninger. Således legger vi i den foreliggende undersøkelse betydelig større vekt på kapitalens artsdimensjon enn i Biørn (1979), idet vi systematisk skiller mellom kapital i bygninger og anlegg og kapital i form av maskiner, transportmidler og utstyr. Dessuten spesifiserer vi produksjonskapasitet som egen modellvariabel - som vi forsøker å endognisere - mens skillet mellom

\*) Forfatteren takker Vidar Knudsen for effektiv bistand med datatilrettelegging og estimering i den empiriske del av rapporten og Petter Frenger for utmerket veiledning om bruk av dualitetsteori ved utforming av avsnitt 4.



produksjon og produksjonskapasitet var mindre eksplisitt i den tidligere undersøkelsen.

Det er flere grunner til at det er rimelig å forutsette at tilpasningen av produksjonskapasitet og kapital, og dermed investeringene, skjer i et langsiktig perspektiv og er underlagt betydelige tregheter. I avsnitt 2 vil vi komme nærmere inn på dette. I tråd med det vi sa ovenfor, tenker vi oss at faktisk produksjon og lager i det enkelte kvartal bestemmes i et kortsiktig perspektiv, med en horisont på ett kvartal. **Produksjons- og lagertilpasningen** er behandlet i Biørn (1985a) og diskuteres derfor ikke videre her. **Industribedriftenes etterspørsel etter arbeidskraft** er behandlet i Stølen (1983), som også er sprunget ut av arbeidet med KVARTS-modellen. Arbeidskraftetterspørselsfunksjonene har i hovedsak det samme utgangspunkt, en teori om produsentenes langsiktige tilpasning, som kapasitets- og investeringsrelasjonene. Samtidig utgjør de et viktig bindeledd til den kortsiktige tilpasning, ved at sysselsettingen også er knyttet til faktisk produksjon. Nærmere bestemt forutsettes det at arbeidskraftinnsatsen, regnet i timeverk, kan uttrykkes som en funksjon av faktisk produksjon og kapasitetsutnyttelse på den ene side og av den arbeidskraftinnsats som følger av en langsiktig optimalisering på den annen. De to komponentene i timeverkinnsatsen, antall sysselsatte og arbeidstid pr. sysselsatt, kan vanligvis ikke endres symmetrisk på kort sikt, og det forutsettes at beslutningene om den første er mer irreversible enn beslutningene om den andre. Denne avbalanseringen blir dermed også en del av produsentenes kortsiktige tilpasning. (For nærmere detaljer, se Stølen (1983, avsnitt 2).)

Innenfor denne modellrammen har vi lagt vekt på å kunne operere med samme sektorinndeling for alle variable, det vil si for produksjon, produksjonskapasitet, arbeidsinnsats, kapitalbeholdning og investering. Dette er åpenbare fordeler, men med fem industrisektorer og to artsgrupper av realkapital for hver sektor spesifisert har det nødvendigvis medført at enkelte av investeringskomponentene er blitt svært små. Muligheten for at forløpet av seriene kan bli påvirket av "tilfeldige" enkeltprosjekter er dermed til stede. Vi mener likevel at denne løsningen er å foretrekke fremfor å løsrive sektorinndelingen for investeringene fra sektorinndelingen for produksjonen - som tilfellet er i mange kvartalsmodeller (og årsmodeller med) - og la den første være mer detaljspesifisert enn den andre.

Fordi vi legger stor vekt på å modellere sammenhengen mellom kapitalakkumulasjon og produksjonskapasitet, har vi funnet det nødvendig å spesifisere både beholdningsvariable for realkapitalen og de tilhørende brutto- og nettoinvesteringsvariable i modellen. Også på dette punkt avviker vi fra mange eksisterende kvartalsmodeller, som bare inkluderer investeringsvariable. Et viktig spørsmål er selvfølgelig hva man kan regne med å vinne i retning av forklaringskraft og føyningspresisjon på å inkludere kapitalbeholdningstall i en økonometrisk korttidsmodell som primært sikter mot å forklare konjunkturforløpet noen få kvartaler frem i tiden. Svaret er for det første at beholdningstall er nødvendige for å modellere depresieringen på en måte som tar hensyn til hvordan denne størrelsen er behandlet i nasjonalregnskapet, og for det annet, at det er vanskelig å sikre at modellen genererer en rimelig langtidsutvikling hvis viktige beholdningsvariable ikke er spesifisert i modellstrukturen.<sup>1</sup> Vi mener at det siste er nødvendig for å forstå den logiske struktur og det økonomiske innhold i modellen og dermed kunne tolke de simulerings- og prognoserresultater som følger. (Jf. for øvrig Amundsen og Biørn (1975, avsnittene 3 og 5).)

Den følgende fremstilling er disponert slik: I avsnitt 2 beskrives vår hypotese om produsentenes langsiktige tilpasning. Med utgangspunkt i en produktfunksjon som uttrykker produksjonskapasiteten ved den "langtidsnormale" arbeidsinnsats og beholdningen av kapital, utleder vi ligningen

$$\text{kapitalbeholdning} = \text{kapitalkoeffisient} \times \text{produksjonskapasitet.}$$

Investeringsbeslutningene blir derved avledet dels av beslutningene om utbygging av produksjonskapasiteten og dels av beslutningene om valg av kapitalintensitet i produksjonen. Disse to delbeslutningene behandles nærmere i henholdsvis avsnitt 3 og avsnitt 4. Spesifikasjonen av reaksjonsforsinkelser og forventningstregheter - en meget viktig del av den økonometriske modellformulering - diskuteres også.

I avsnitt 5 redegjør vi for behandlingen av depresieringen, dels fremgangsmåten ved kvartalsfordeling av nasjonalregnskapets årsserier for depresiering og kapitalbeholdninger og dels den økonometriske utforming av depresieringsligningene. Brukerpriser på realkapital - som er sentrale hjelpevariable i analysen - diskuteres i avsnitt 6. Til slutt presenteres, i avsnitt 7, hovedresultatene av de økonometriske estimeringsforsøkene.

## 2. PRODUKSJONSKAPASITET, KAPITALKOEFFISIENTER OG KAPITALAKKUMULASJON; OM DEN LANGSIKTIGE TEKNOLOGI

Som nevnt, forutsetter vi at bedriftenes tilpasning av kapital skjer under et forholdsvis langt tidsperspektiv. Et viktig element i modellen blir derfor beskrivelsen av produksjonssektorenes langsiktige teknologi. Beslutninger om å investere i fysisk kapital vil som regel være bestemmende for produksjonsmulighetene over et langt tidsrom, og den enkelte bedrift har forholdsvis lite spillerom for å omgjøre beslutningene når de først er truffet. Spesielt er det rimelig å anta at mulighetene for å endre forholdet mellom kapital og andre produksjonsfaktorer når utstyret er installert, er vesentlig mindre enn de var før investeringene ble foretatt. Blant annet av denne grunn vil en god del av kapitalen være bedriftsspesifikk; når den har antatt en bestemt fysisk form og er bundet i en bestemt bedrift, har den vanligvis få alternative anvendelsesmuligheter. Denne tendensen er desto mer utpreget jo mer spesialisert kapitalutstyret er. Det forhold at de teknologiske valgmuligheter trolig er betydelig større når kapitalutstyret er under prosjektering (ex ante) enn når investeringen konkret er foretatt (ex post) (jf. Johansen (1972, kapittel 2)), må antas å motivere bedriftene til å anlegge et langt tidsperspektiv når de tilpasser denne produksjonsfaktoren. Dette er et eksempel på den type av irreversibilitet som vi nevnte innledningsvis. Et yttertilfelle av denne forutsetningen er putty-clay-spesifikasjonen, hvor faktorforholdene for den enkelte kapitalårgang er helt fastlåst etter installasjon. Konsekvent tolket innebærer denne hypotesen at kapitalen er fullstendig bedriftsspesifikk - og altså ikke har alternative anvendelsesmuligheter - ex post. Tilpasningen både av produksjonskapasiteten og av den gjennomsnittlige kapitalkoeffisient for alle årganger sett under ett vil følgelig være underlagt betydelig treghet i putty-clay-tilfellet.<sup>2</sup>

Vi har imidlertid funnet ikke å ville basere oss på en formell årgangsmodell ved beskrivelse av produksjonsstrukturen i dette arbeidet. Putty-clay-modeller kan tenkes å gi en god virkelighetsbeskrivelse for den enkelte bedrift - eller for en enkelt årgang av driftsmidler innen den enkelte bedrift - men det er bare under meget spesielle forutsetninger at det vil være velbegrunnet å foreta en analogibetraktning og forutsette samme type av teknologisk stivhet i faktorforholdene ex post for en aggregert sektor.<sup>3</sup> Vi må regne med substitusjon ex post på makro-nivå selv om det ikke er substitusjon på mikro-nivå (jf. Johansen (1972, kapittel 4)). Årgangsmodeller med substitusjon både ex ante og ex post, er foreløpig relativt lite utviklet med henblikk på empiriske anvendelser (en unntagelse er Fuss (1977)), og også for slike modeller må en regne med betydelige og til dels uløste aggregeringsproblemer - vesentlig større enn i den enkle putty-clay-modellen.

I stedet tenker vi oss at de langsiktige produksjonsmuligheter i hver enkelt av de relativt aggregerte sektorer vi betrakter, kan representeres ved en neo-klassisk produktfunksjon. Med dette vil vi mene at årgangsproduktfunksjonene på mikronivå har slike egenskaper at den tilhørende langsiktige produktfunksjon på makro-nivå antar neo-klassisk form som en brukbar tilnærming. Vi skriver denne funksjonen foreløpig som

$$(2.1) \quad X = F(\bar{L}, \bar{K}),$$

hvor  $\bar{K}$ ,  $\bar{L}$  og  $\bar{X}$  tolkes som henholdsvis sektorens kapitalmengde, arbeidsinnsats og produksjon "på lang sikt". Som følge av teknologiske stivheter på kort sikt, kan vi ikke regne med at observerte

markedsdata for produksjon, arbeidsinnsats og kapitalinnsats vil tilfredsstillende (2.1) i det enkelte kvartal - selv ikke som en tilnærming, ved at tilfeldige feilledd inkluderes. Derfor er  $\bar{K}$ ,  $\bar{L}$  og  $\bar{X}$  økonomisk å betrakte som latente (uobserverbare) variable - "lang sikt" kan aldri observeres, unntatt når økonomien tilfeldigvis befinner seg i en stasjonær likevektstilstand. Hovedproblemet blir da hvordan vi skal "forbinde lang og kort sikt" i det empiriske arbeidet.

Vi vil her bygge på to forenklerende forutsetninger. For det første forutsetter vi at bedriftenes langsiktige planlegging er innrettet på full utnyttelse av kapitalutstyret, og derfor setter vi i (2.1) den "langsiktige kapitalmengde" lik den tilstedeværende,

$$(2.2) \quad \bar{K} = K = \text{tilstedeværende kapital.}$$

For det annet assosierer vi den "langsiktige produksjon",  $\bar{X}$ , med bedriftenes produksjonskapasitet,

$$\bar{X} = \text{produksjonskapasitet,}$$

og vi forutsetter at data for denne variabel kan konstrueres ut fra markedsdata ved en metode som vi senere skal komme tilbake til. I tråd med dette benevner vi (2.1) som en kapasitetsproduktfunksjon. Variabelen  $L$ , tolket som den mengde arbeidsinnsats som bedriftene ville finne det optimalt å bruke dersom de kunne tilpasse seg friksjonsfritt ut fra sine langsiktige forventninger, er imidlertid fortsatt å betrakte som uobserverbar, så lenge langsiktige plandata for bedriftenes arbeidsinnsats ikke foreligger.

Hittil har vi tenkt oss at kapitalinnsatsen opptrer som ett aggregat,  $K$ . I modellen har vi imidlertid valgt å spesifisere to typer av realkapital,  $K_B$ , bygninger og anlegg, og  $K_M$ , maskiner og transportmidler. Det er tre grunner til dette. For det første er den normale levetid til de to artsgruppene vesentlig forskjellig. For det annet leveres investeringene i bygnings- og anleggskapital i det vesentlige fra én produksjonssektor i KVARTS, bygge- og anleggsvirksomhet - en sektor som for øvrig i betydelig grad er skjermet for utenlandsk konkurranse. For investeringene i maskiner og transportmidler står sektoren verkstedindustri som hovedleverandør, og produsentene her møter i betydelig grad utenlandsk konkurranse. For det tredje vil en slik artsinndeling av investeringene bidra til å sikre større stabilitet i modellens kryssløpskoeffisienter på anvendelsessiden.<sup>4</sup>

Vi forutsetter at kapasitetsproduktfunksjonen, med  $\bar{L}$ ,  $K_B$  og  $K_M$  som produksjonsfaktorer, kan skrives på følgende form:

$$(2.3) \quad \bar{X} = F[\bar{L}, G(K_B, K_M)],$$

hvor funksjonen  $G$  er homogen av grad 1. Denne spesifikasjonen innebærer at innsatsen av de to kapitalartene opptrer som en separabel gruppe i produktfunksjonen. Tolker vi

$$(2.4) \quad K = G(K_B, K_M)$$

som aggregert kapital, har vi formelt sett en produktfunksjon i arbeidskraft og aggregert kapital hvor innsatsen av kapitalaggregatet er uobserverbar, idet (2.3) kan tenkes fremkommet ved innsetting av (2.2) og (2.4) i (2.1). En viktig begrunnelse for å velge denne spesifikasjon av den langsiktige teknologi er at vi ønsker å ta hensyn til at maskinkapital og bygningskapital kan stå i substitusjonsforhold til hverandre - at bedriftene kan variere innsatsen av maskinkapital pr. enhet bygningskapital - på lang sikt. Dette synes å være en mer realistisk hypotese - selv i en korttidsmodell - enn

å forutsette a priori at de alltid kombineres i et fast forhold.<sup>5</sup> Dessuten forutsetter vi at aggregert kapital står i substitusjonsforhold til arbeidsinnsatsen på lang sikt, som uttrykt ved den neoklassiske funksjonen F.

Et alternativ til denne spesifikasjonen kunne være å behandle arbeidsinnsatsen og innsatsen av maskinkapital som en separabel gruppe på nederste "nivå" i produktfunksjonen og forutsette at "aggregert innsats av arbeidstimer og maskinkapitaltimer" står i substitusjonsforhold til innsatsen av bygningskapital på øverste "nivå" i produktfunksjonen. Det kan utvilsomt gis gode argumenter for å representere den langsiktige teknologi på denne måten. Men blant annet fordi dette ville komplisere behandlingen av faktorprisene (lønnssatsen og brukerprisene på realkapital) - jf. avsnitt 4 - har vi avstått fra å forfølge denne idéen i det empiriske arbeidet.<sup>6</sup>

Vi forutsetter i det følgende at også funksjonen F er homogen av grad 1 i sine argumenter. Dermed kan vi skrive kapitalkoeffisientene, definert som forholdet mellom kapitalinnsatsene og produksjonskapasiteten, for de to kapitalartene på følgende måte:

$$(2.5) \quad a_B = \frac{K_B}{\bar{X}} = \frac{1}{\frac{K}{K_B} \cdot \frac{\bar{X}}{K}} = \frac{1}{G(1, \frac{K_M}{K_B}) F(\frac{\bar{L}}{K}, 1)},$$

$$(2.6) \quad a_M = \frac{K_M}{\bar{X}} = \frac{1}{\frac{K}{K_M} \cdot \frac{\bar{X}}{K}} = \frac{1}{G(\frac{K_B}{K_M}, 1) F(\frac{\bar{L}}{K}, 1)}.$$

Konstant utbytte med hensyn på skalaen på lang sikt - som følger av forutsetningen om at både G og F er homogene av grad 1 - virker rimelig for de fleste industrisektorer, men for sektorer som i betydelig grad driver ekstraktiv produksjon, kunne avtagende utbytte kanskje være vel så realistisk. Blant industrisektorene i KVARTS gjelder dette særlig sektor 30 Bergverk og råvareindustri.

Den langsiktige planlegging antas, i tråd med dekomponeringen i (2.5)-(2.6), å skje i to trinn:

- 1) Produsentene gjør seg overveielser om hvor stor produksjonskapasitet de ønsker å ha på lang sikt, gitt deres forventninger om omsetning og lønnsomhetsutvikling.
- 2) Når produksjonsskalaen på lang sikt er bestemt, innrettes forholdet mellom innsatsen av arbeidskraft og kapital slik at (de forventede) omkostningene på lang sikt ved denne produksjonsskalaen blir lavest mulig. Siden produktfunksjonen er homogen av grad 1, er dette imidlertid ekvivalent med at de langsiktige gjennomsnittsomkostninger minimaliseres. Dermed bestemmes de langsiktige kapitalkoeffisienter.

Planene for utbygging av kapitalutstyret er altså todelt. Problemet blir nå hvorledes vi skal representere overgangen fra disse planene til de verdier av produksjonskapasitet, kapitalkoeffisienter og kapitalbeholdninger som faktisk blir realisert. Det er flere måter å gjøre dette på.

Siden våre data er konstruert slik at ligningen kapitalbeholdning = produksjonskapasitet x kapitalkoeffisient alltid er eksakt oppfylt ex post, jf. underavsnitt 7.1, kan vi innføre adferdsrelasjoner som beskriver overgangen fra planlagte til realiserte verdier bare for to av disse tre variable og la den tredje bli bestemt ved definisjonsligningen. Vi har valgt å behandle beslutningene om produksjonskapasiteten og beslutningene om kapitalintensiteten symmetrisk, idet vi spesifiserer én

relasjon som beskriver sammenhengen mellom ønsket og faktisk produksjonskapasitet og én som beskriver sammenhengen mellom ønsket og faktisk kapitalkoeffisient og avleder kapitalbeholdningen som produktet av den realiserte produksjonskapasitet og den realiserte kapitalkoeffisient. I avsnitt 3 vil vi først behandle beslutningene om å utbygge produksjonskapasiteten og dernest, i avsnitt 4, beslutningene om kapitalkoeffisientene.

### 3. TILPASNING AV PRODUKSJONSKAPASITETEN

Det er rimelig å forutsette at industriprodusentenes beslutninger om å utbygge (eller innskrenke) produksjonskapasiteten avspeiler dels deres langsiktige oppfatninger om markedsforholdene for de varer og tjenester de produserer, og dels muligheten for å få finansiert kapasitetsutvidelser. Dette er det generelle utgangspunkt vi har valgt i forsøkene på å modellere kapasitetsutvidelsesbeslutningene i denne undersøkelsen. Siden "markedsforhold" og "finansieringsmuligheter" ikke er direkte observerbare variable, blir en viktig oppgave derfor å finne brukbare indikatorer for dem.

Markedsforholdene for industrisektorenes produkter manifesterer seg på flere måter. En er gjennom den omsetning som blir realisert; en annen er via rentabiliteten, målt f.eks. som sektorens driftsresultat pr. enhet produksjonskapasitet eller pr. enhet kapitalinnsats. Disse variable bestemmes selvsagt ikke uavhengig av hverandre; KVARTS-modellen som helhet vil bestemme realisert omsetning og realisert rentabilitet endogent. Men det er lite rimelig å tro at produsentene i en enkelt, forholdsvis liten, produksjonssektor "i sin bevissthet" tar fullt ut hensyn til disse sammenhengene når de danner seg en oppfatning om markedsforholdene for sine produkter. De løser ikke hele modellen "på redusert form" når de treffer sine investeringsbeslutninger. I stedet tenker vi oss at de oppnår et summarisk bilde ved å betrakte rentabiliteten og omsetningen som multiple indikatorer for markedsforholdene.

Hvis vi kunne se bort fra finansieringsrestriksjoner og forestille oss et perfekt kapitalmarked, ville det være rimelig å tenke seg at den typiske bedrift i sektoren ville sikte mot langsiktig profittmaksimering. Antar vi videre at bedriften handler som om den "har en etterspørselsfunksjon rettet mot seg", ville den altså ta sikte på å oppnå: langsiktig grenseinntak = langsiktig grenseomkostning. Et positivt skift i etterspørselsfunksjonen for en slik bedrift ville kunne "tas ut" enten i form av øket omsetning og øket produksjonskapasitet eller i form av øket pris og dermed øket rentabilitet, eller (mest sannsynlig) en kombinasjon. Hvis den typiske bedrift i sektoren handler som om den opptrer i et frikonkurransemarked med "eksogent gitt verdensmarkedspris på lang sikt", ville kriteriet for langsiktig profittmaksimering lede til: langsiktig verdensmarkedspris = langsiktig grenseomkostning. Et positivt skift i den eksogent gitte prisen ville føre til at den langtidsoptimale omsetning og produksjonskapasiteten gikk opp samtidig med at rentabiliteten steg.<sup>7</sup> Begge disse stiliserte profittmaksimeringsmodellene ville altså være kjennetegnet ved at produksjonskapasiteten viste positiv samvariasjon med omsetningen og rentabiliteten. Ved å postulere en slik sammenheng i form av en økonometrisk ligning, uten å gå veien om de formelle marginalbetingelsene for profittmaksimering, får vi dermed indirekte fanget opp noen elementer av tilbyderadferd fra bedriftenes side.

Finansieringsrestriksjoner må imidlertid også bringes inn. Det er lite rimelig å anta at den typiske investor i en industrisektor handler uten sideblikk til finansielle restriksjoner. Hadde vi hatt brukbare data for tilgangen på eksterne og interne midler, kunne vi ha innført dem som tilleggsvariable i kapasitetsutbyggingsfunksjonen. Nå er det vanskelig å skaffe oppgaver over tilgangen på eksterne midler, med en sektorspesifikasjon som svarer til den forholdsvis disaggregerte inndeling som benyttes i KVARTS.<sup>8</sup> Tidsserier for internt genererte fonds er vi heller ikke godt forsynt med. Vi må derfor også her se oss om etter "proxy-variable". En ikke urimelig forutsetning kan være at de som overveier å investere i sektoren når kreditttilførselen er begrenset - enten det er produsentene selv eller enheter utenfor sektoren - er mer tilbøyelige til å gjøre dette jo bedre rentabiliteten er. Derfor må en rentabilitetsvariabel også kunne figurere som en "proxy" for finansieringsmuligheter.

Det er vanskelig å finne en enkelt rentabilitetsvariabel som samtidig kan representere markedsforhold og finansieringsmuligheter; flere lønnsomhetsmål kan vise seg å være nødvendig. Et viktig spørsmål er om man bør benytte et mål for "renprofitten", dvs. driftsresultatet etter fradrag av en "normal" belønning til sektorens realkapital, eller om en bør inkludere alle kapitalomkostninger i rentabilitetsmålet, slik at det blir et mål for kapitalrentabiliteten. Velger man den første løsningen, melder det seg umiddelbart spørsmålet om hvordan man definerer og beregner den "normale" avkastningsrate. En tredje mulighet kunne være å betrakte relativ rentabilitet, målt som differansen mellom den sektorspesifikke kapitalrentabilitet og et gjennomsnittsmål for avkastningen av investeringer i andre sektorer, f.eks. representert ved renten på nærmere definerte finansobjekter. En kapasitetsutbyggingsfunksjon basert på denne idéen er foreslått av Malinvaud (1982, s.4).

Med bakgrunn i disse betraktningene har vi valgt - forsøksvis - å modellere kapasitetsutbyggingsbeslutningene på følgende måte:

Produsentene bestemmer i hvert kvartal en **ønsket tilvekst i eksisterende produksjonskapasitet** på grunnlag av de siste kvartalers registrerte rentabilitet og forventet tilvekst i omsetningen. Dette formaliseres slik:

$$(3.1) \quad \Delta \bar{X}_t^* = \sum_i b_i \rho_{t-i} + c \Delta D_t^*$$

hvor  $\bar{X}_t^*$  er ønsket produksjonskapasitet,  $D_t^*$  forventet omsetning og  $\rho_t$  kapitalrentabiliteten, definert som forholdet mellom netto driftsresultat og verdien av kapitalutstyret:

$$(3.2) \quad \rho_t = \frac{Y_{Et}}{q_{B,t-1} K_{B,t-1} + q_{M,t-1} K_{M,t-1}}$$

Her betegner  $Y_E$  netto driftsresultat,  $q_B$  og  $q_M$  prisindeksene for investering i henholdsvis bygnings- og maskinkapital og, som tidligere,  $K_B$  og  $K_M$  beholdningen av disse to kapitalartene. Forventet omsetning knyttes til den faktiske omsetning i tidligere kvartaler og en indikator for veksten i eksportmarkedet. Nærmere detaljer om dette vil bli gitt i underavsnitt 7.2.

Siden tilpasningen av produksjonskapasiteten til endrede markedsforhold må antas å være tidkrevende,<sup>9</sup> innfører vi en **reaksjonstreghet** som beskriver overgangen fra ønsket til faktisk kapasitet. Det er mange måter å utforme denne treghetsmekanismen på. Vi har forsøksvis valgt følgende enkle partial adjustment-mekanisme:

$$(3.3) \quad \bar{X}_t = d \bar{X}_t^* + (1-d) \bar{X}_{t-1} \quad (0 < d < 1).$$

Av (3.1) og (3.3) finner vi at ligningen for den realiserede tilveksten i produksjonskapasiteten blir<sup>10</sup>

$$(3.4) \quad \Delta \bar{X}_t = (1-d) \Delta \bar{X}_{t-1} + d \sum_i b_i \rho_{t-i} + d c \Delta D_t^*$$

#### 4. TILPASNING AV KAPITALKOEFFISIENTENE

Når beslutningene om størrelsen av produksjonskapasiteten er truffet, er neste spørsmål hvordan denne kapasiteten kan realiseres på billigst mulig måte. Med den teknologi vi har forutsatt, er dette ekvivalent med spørsmålet om å velge de kapitalkoeffisienter som minimerer de langsiktige gjennomsnittsomkostninger til kapital og arbeidskraft (jf. (2.5) og (2.6)). Det er dette vi nå vil behandle. Først diskuteres problemet med utgangspunkt i den generelle formuleringen av produktfunksjonen (underavsnitt 4.1). Deretter introduseres de spesifikke funksjonsformer (underavsnitt 4.2), og vi avleder den statiske langtidsmodellen. Reaksjonsforsinkelser og forventningstreggheter behandles til slutt (underavsnitt 4.3).

##### 4.1. Langsiktig omkostningsminimalisering. Generelt

Vi lar foreløpig være å datere de variable, idet vi underforstår at de representerer langsiktige verdier. Den langsiktige teknologi er beskrevet ved (2.3) og (2.4), hvor funksjonene  $F$  og  $G$  begge er kontinuerlige, deriverbare og homogene av grad 1. Tilpasningsformålet er

$$\text{Minimaliser } w\bar{L} + c_B K_B + c_M K_M \text{ m.h.p. } \bar{L}, K_B \text{ og } K_M, \text{ gitt } \bar{X},$$

hvor  $w$ ,  $c_B$  og  $c_M$  er (de langsiktige verdier av) henholdsvis timelønssatsen, brukerprisen på bygningskapital og brukerprisen på maskinkapital.

På grunn av separabiliteten av produktfunksjonen kan dette minimeringsproblemet løses i to trinn: Først minimeres de samlede omkostninger til de to kapitalartene, gitt innsatsen av aggregert kapital. Deretter velges en slik sammensetning av arbeidskraft og kapital at totalomkostningene minimeres. Begge delproblemene kan bekvemt løses ved hjelp av dualitetsteori.<sup>11</sup>

La  $H(c_B, c_M)$  betegne utgiften til kapitalinnsatsene  $K_B$  og  $K_M$  når disse er sammensatt på en slik måte at de totale omkostninger ved å frembringe én enhet aggregert kapital  $K$  minimeres. Denne **duale enhetsomkostningsfunksjonen** til "produktfunksjonen"  $G$  er formelt definert ved<sup>12</sup>

$$H(c_B, c_M) = \min_{K_B, K_M} \{c_B K_B + c_M K_M\}, \text{ gitt at } G(K_B, K_M) = 1.$$

Funksjonen  $H$  er, som  $G$ , homogen av grad én i sine argumenter. Vi kan da tolke

$$(4.1) \quad c = H(c_B, c_M)$$

som **prisen pr. enhet av kapitalaggregatet** ved optimal sammensetning av mengden av bygningskapital og maskinkapital, og (de minimale) omkostningene ved å "produsere"  $K$  enheter av aggregert kapital vil dermed kunne uttrykkes som  $cK$ .

Av Shephard's lemma<sup>13</sup> følger nå at den optimale innsats av  $K_B$  og  $K_M$  pr. enhet av  $K$  vil være gitt ved de to partielle deriverte av den duale omkostningsfunksjon (4.1). Vi har altså

$$(4.2) \quad \frac{K_B}{K} = \frac{\partial H(c_B, c_M)}{\partial c_B} = h_B(c_B, c_M),$$

$$(4.3) \quad \frac{K_M}{K} = \frac{\partial H(c_B, c_M)}{\partial c_M} = h_M(c_B, c_M).$$

Siden  $H$  er homogen av grad én, vil  $h_B$  og  $h_M$  være homogene av grad null i de to brukerprisene. Dermed har vi bestemt (de langsiktige) kapitaletterspørselsfunksjonene som tilsvarer "produktfunksjonen for kapitaltjenester" på nedre "nivå" av produktfunksjonen.

Omkostningsminimaliseringen på øvre "nivå" skjer på tilsvarende måte. La  $M(w,c)$  betegne utgiftene til arbeidsinnsatsen  $L$  og innsatsen av kapitalaggregatet  $K$  bestemt slik at omkostningene ved å frembringe én enhet produksjon(skapasitet) minimeres. Denne duale enhetsomkostningsfunksjonen til produktfunksjonen  $F$  er formelt definert ved<sup>14</sup>

$$M(w,c) = \min_{L,K} \{wL + cK\}, \text{ gitt at } F(L,K) = 1.$$

Den er, som  $F$ , homogen av grad én i sine argumenter. Vi kan da tolke

$$(4.4) \quad p = M(w,c)$$

som **prisen pr. enhet produksjonskapasitet** ved optimal innsats av arbeidskraft og kapital - eller "skyggeprisen på produksjonskapasitet".

På tilsvarende måte som ovenfor finner vi at etterspørselen etter arbeidskraft og aggregert kapital pr. enhet produksjonskapasitet kan uttrykkes som

$$(4.5) \quad \frac{L}{\lambda} = \frac{\partial M(w,c)}{\partial w} = m_L(w,c),$$

$$(4.6) \quad \frac{K}{\lambda} = \frac{\partial M(w,c)}{\partial c} = m_K(w,c),$$

hvor funksjonene  $m_L$  og  $m_K$  er homogene av grad null i de to prisene.

Ved å sette (4.2), (4.3) og (4.6) inn i (2.5) og (2.6) følger det at (langtidsverdiene av) kapitalkoeffisientene for henholdsvis bygninger og maskiner kan uttrykkes som funksjoner av de relative faktorpriser ved

$$(4.7) \quad a_B = \frac{K_B}{\lambda} = m_K(w,c) h_B(c_B, c_M),$$

$$(4.8) \quad a_M = \frac{K_M}{\lambda} = m_K(w,c) h_M(c_B, c_M),$$

hvor  $c$  er gitt ved (4.1). Det er dette valg av kapitalintensitet som minimerer de totale omkostninger til arbeidskraft og kapital,  $wL + c_B K_B + c_M K_M$ , på lang sikt.



La  $\check{m}_K$  betegne elasticiteten av  $m_K$  m.h.p.  $c$ ,  $\check{h}_B$  elasticiteten av  $h_B$  m.h.p.  $c_B$  og  $\check{h}_M$  elasticiteten av  $h_M$  m.h.p.  $c_M$ . Siden disse funksjonene er homogene av grad null, følger ved å sette (4.7) og (4.8) på logaritmisk tilvekstform at vi som en førsteordens tilnærming har

$$(4.9) \quad \Delta \log a_B = \check{m}_K (\Delta \log c - \Delta \log w) + \check{h}_B (\Delta \log c_B - \Delta \log c_M),$$

$$(4.10) \quad \Delta \log a_M = \check{m}_K (\Delta \log c - \Delta \log w) + \check{h}_M (\Delta \log c_M - \Delta \log c_B).$$

Her kan vi tolke første ledd som en **generell priseffekt**; det viser virkningen på kapitalintensiteten i produksjonen av endringer i forholdet mellom den gjennomsnittlige brukerprisen på kapital (prisen på kapitalaggregatet) og lønssatsen. Annet ledd representerer den **spesifikke priseffekt** for hver av de to artsgruppene; det viser virkningen på kapitalsammensetningen av endringer i forholdet mellom brukerprisene på bygningskapital og maskinkapital.

#### 4.2. Valg av funksjonsformer

Ligningene for kapitalkoeffisientene (4.7)-(4.10) gjelder for ethvert valg av omkostningsfunksjoner  $H(c_B, c_M)$  og  $M(w, c)$  som tilfredsstillende a priori restriksjoner vi har lagt på den langsiktige produksjonsstruktur. For den økonometriske utforming av modellen er én mulighet å avstå fra å spesifisere disse funksjonene parametrisert, men betrakte (4.9) og (4.10) - med  $\check{m}_K$ ,  $\check{h}_B$  og  $\check{h}_M$  konstante - som resultatet av en første ordens logaritmisk Taylor-utvikling av de underliggende ukjente funksjoner over et visst variasjonsområde.<sup>15</sup>

Når vi skal gå videre og beskrive overgangen fra den langsiktige til den kortsiktige tilpasning og innføre reaksjonstreggheter mv., ville imidlertid denne angrepsmåten skape problemer. Vi har dessuten et visst a priori grunnlag for å spesifisere funksjonsformer. I det følgende har vi valgt å forutsette at funksjonen på det øvre nivå i produksjonsstrukturen har **Cobb-Douglas-form**,

$$(4.11) \quad F(\bar{L}, K) = A \bar{L}^\alpha K^{1-\alpha}, \quad A > 0, 0 < \alpha < 1,$$

hvilket blant annet innebærer at substitusjonselastisiteten mellom arbeidskraft og kapital er lik én på lang sikt. Mellom de to kapitaltypene åpner vi derimot muligheten for mindre substitusjon, ved å spesifisere  $G$  som en **CES-funksjon**

$$(4.12) \quad K = G(K_B, K_M) = \left\{ \beta \left( \frac{K_B}{\beta} \right)^{-\mu} + (1-\beta) \left( \frac{K_M}{1-\beta} \right)^{-\mu} \right\}^{-1/\mu}, \quad \mu > -1, 0 < \beta < 1,$$

hvor substitusjonselastisiteten mellom bygningskapital og maskinkapital er gitt ved

$$(4.13) \quad \sigma = (1+\mu)^{-1}.$$

Vi finner da at den duale enhetsomkostningsfunksjon for kapitalaggregatet også blir en CES-funksjon, nemlig

$$(4.14) \quad c = H(c_B, c_M) = \left\{ \beta c_B^{1-\sigma} + (1-\beta) c_M^{1-\sigma} \right\}^{1/(1-\sigma)},$$

mens den duale enhetsomkostningsfunksjon for arbeidskraft og aggregert kapital får **Cobb-Douglas-form**,

$$(4.15) \quad M(w, c) = \bar{A} w^\alpha c^{1-\alpha},$$

hvor

$$(4.16) \quad \bar{A} = [A\alpha(1-\alpha)^{1-\alpha}]^{-1}.$$

Av (4.2), (4.3) og (4.14) følger nå

$$(4.17) \quad h_B(c_B, c_M) = \beta \left(\frac{c_B}{c}\right)^{-\sigma},$$

$$(4.18) \quad h_M(c_B, c_M) = (1-\beta) \left(\frac{c_M}{c}\right)^{-\sigma},$$

mens (4.6) og (4.15) gir

$$(4.19) \quad m_K(w, c) = \bar{A}(1-\alpha) \left(\frac{c}{w}\right)^{-\alpha}.$$

Dermed finner vi at de tre elastisitetene i (4.9) og (4.10) blir lik

$$\check{h}_B = -\sigma \left[ 1 - \frac{\partial c}{\partial c_B} \frac{c_B}{c} \right] = -\sigma \left[ 1 - \beta \left(\frac{c_B}{c}\right)^{1-\sigma} \right],$$

$$\check{h}_M = -\sigma \left[ 1 - \frac{\partial c}{\partial c_M} \frac{c_M}{c} \right] = -\sigma \left[ 1 - (1-\beta) \left(\frac{c_M}{c}\right)^{1-\sigma} \right],$$

$$\check{m}_K = -\alpha.$$

De to første elastisitetene er altså avhengige av nivået på brukerprisene (dersom  $\sigma \neq 1$ ); den siste er konstant.

#### 4.3. Reaksjonsforsinkelser og forventningstregheter

Den langsiktige bestemmelse av kapitalkoeffisientene er beskrevet ved lignende (4.7), (4.8) og (4.17)-(4.19). Vi har altså

$$(4.20) \quad a_{Bt}^* = \beta \bar{A} (1-\alpha) \left(\frac{w_t^*}{c_t^*}\right)^\alpha \left(\frac{c_{Bt}^*}{c_t^*}\right)^{-\sigma},$$

$$(4.21) \quad a_{Mt}^* = (1-\beta) \bar{A} (1-\alpha) \left(\frac{w_t^*}{c_t^*}\right)^\alpha \left(\frac{c_{Mt}^*}{c_t^*}\right)^{-\sigma},$$

idet vi fra nå av benytter \* for å markere langsiktige verdier og lar fotskriften t være daterings-symbol. Vi betrakter  $a_{Bt}^*$  og  $a_{Mt}^*$  som langsiktige mål for kapitalkoeffisientene som produsentene beveger

seg mot i periode  $t$ , og  $w^*$ ,  $c^*$ ,  $c_B^*$  og  $c_M^*$  som de forventningsverdier for prisene som er motiverende for disse målene.

Økonomisk teori gir generelt få holdepunkter for hvordan en skal behandle overgangen fra statiske langtidsløsninger til de verdier som blir realisert i den enkelte periode. Det gjelder også i vårt tilfelle. Hvis modellen i det hele tatt skal kunne bli økonometrisk håndterbar, er visse ad hoc-innslag derfor ikke til å unngå. For begge kapitalartene benytter vi en hypotese om **delvis tilpasning** (partial adjustment). For maskiner spesifiserer vi den på enkel logaritmisk form, hvor vi nå lar variable uten stjerne betegne observerte verdier,

$$(4.22) \quad \log a_{Mt} = \eta_M \log a_{M,t-1} + (1-\eta_M) \log a_{Mt}^* \quad (0 < \eta_M < 1).$$

Dette innebærer at den relative endring i kapitalkoeffisienten fra foregående til inneværende periode er lik en andel  $1-\eta_M$  av den relative avvikelse mellom langtidsverdien og den realiserte verdi. For bygninger spesifiserer vi tilpasningen i form av hypotese om den relative avvikelse fra kapitalkoeffisienten for maskiner,

$$(4.23) \quad \log a_{Bt} - \log a_{Mt} = \eta_B (\log a_{B,t-1} - \log a_{M,t-1}) + (1-\eta_B) (\log a_{Bt}^* - \log a_{Mt}^*) \quad (0 < \eta_B < 1).$$

En tolkning av dette kan være at kapitalintensiteten for maskiner bestemmes "først" og at det "deretter" skjer en gradvis justering av kapitalintensiteten for bygninger, gitt det valg som er truffet for maskiner. Av (4.22) og (4.23) følger nemlig

$$\log a_{Bt} = \eta_B \log a_{B,t-1} + (1-\eta_B) a_{B,t}^* + (\eta_B - \eta_M) (\log a_{Mt}^* - \log a_{M,t-1}).$$

Dette kan tolkes som en logaritmisk partial adjustment-mekanisme for bygninger, med korreksjon for eventuell uoptimal tilpasning av maskinkapitalen initialt. Hvorvidt korreksjonsleddet er positivt, null eller negativt avhenger av det relative størrelsesforhold mellom treghetsparametrene  $\eta_B$  og  $\eta_M$ .

Som nevnt i avsnitt 2, er det flere momenter som taler for at det er en betydelig treghet i bedriftenes tilpasning av kapitalkoeffisientene, dvs. at  $\eta_M$  og  $\eta_B$  er store. Særlig viktig er det at mange bedrifter vil ha en årgangsspesifikk teknologi, slik at kapitalkoeffisientene for de enkelte årganger når investeringene først er foretatt, bare vil kunne variere innenfor snevre grenser. I spesialtilfellet med "putty-clay"-teknologi er kapitalkoeffisientene for alle eldre årganger fullstendig fastlåst, og den gjennomsnittlige kapitalkoeffisient for alle årganger sett under ett kan således bare endres (i) ved nyinvesteringer, hvorved kapitalkoeffisienten for den nyeste årgang bestemmes, (ii) ved å utrangere eldre "ulønnsomme" kapitalårganger, eller (iii) ved eksogen slitasje. Hvis putty-clay-forutsetningen var "representativ" på det aggregeringsnivå vi opererer med,<sup>16</sup> skulle vi følgelig vente større treghet i tilpasningen av den gjennomsnittlige kapitalkoeffisient for artsgrupper med gjennomgående lang levetid (bygninger) enn for dem med kortere (maskiner og transportmidler), dvs.  $\eta_B > \eta_M$ .

I beskrivelsen av **forventningsdannelsen for prisene** står vi også på forholdsvis usikker grunn. Vi har valgt å forutsette at produsentene danner sine forventninger om den relative endring i de langsiktige prisforholdene på grunnlag av de tilsvarende observerte prisendringer i tidligere perioder, og vi representerer dette ved lag-fordelinger:

$$\Delta \log \left( \frac{w_t^*}{c_t^*} \right) = \sum_i \lambda_i \Delta \log \left( \frac{w_{t-i}}{c_{t-i}} \right) = \lambda(L) \Delta \log \left( \frac{w}{c} \right)_t,$$

$$(4.24) \quad \Delta \log \left( \frac{c_{Mt}^*}{c_t^*} \right) = \sum_i \mu_i \Delta \log \left( \frac{c_{M,t-i}}{c_{t-i}} \right) = \mu(L) \Delta \log \left( \frac{c_M}{c} \right)_t,$$

$$\Delta \log \left( \frac{c_{Bt}}{c_t} \right) = \sum_i \mu_i \Delta \log \left( \frac{c_{B,t-i}}{c_{t-i}} \right) = \mu(L) \Delta \log \left( \frac{c_B}{c} \right)_t,$$

hvor  $\lambda(L) = \lambda_0 + \lambda_1 L + \lambda_2 L^2 + \dots$ , og  $\mu(L) = \mu_0 + \mu_1 L + \mu_2 L^2 + \dots$  er polynomer i lag-operatoren  $L$ . Dette impliserer at vi forutsetter at forventningsdannelsen skjer på samme måte for de to brukerprisene.

Av (4.20)-(4.24) finner vi at ligningene som beskriver endringene i de realiserte kapitalkoeffisientene for henholdsvis maskiner og bygninger blir

$$(4.25) \quad \Delta \log a_{Mt} = \eta_M \Delta \log a_{M,t-1} + (1-\eta_M) \alpha \lambda(L) \Delta \log \left(\frac{W}{C}\right)_t - (1-\eta_M) \sigma \mu(L) \Delta \log \left(\frac{C_M}{C}\right)_t,$$

$$(4.26) \quad \Delta \log a_{Bt} = \Delta \log a_{Mt} + \eta_B (\Delta \log a_{B,t-1} - \Delta \log a_{M,t-1}) - (1-\eta_B) \sigma \mu(L) \Delta \log \left(\frac{C_B}{C_M}\right)_t.$$

Vi har ikke spesifisert stokastiske restledd i ligningene ovenfor, og et nærliggende spørsmål er hvilke restleddsegenskaper (4.25) og (4.26) kan tenkes å ha. En ikke urimelig antagelse er at restleddene i prisforventningsligningene (4.24) er "hvit støy" - fordi det virker mer sannsynlig at produsentene danner seg prisforventninger "på tilvekstform" enn "på nivåform". Hvis også restleddene i (4.20)-(4.23) har denne egenskap når de skrives på tilvekstform, er det lett å vise at vi da ikke vil få restleddsautokorrelasjon i (4.25)-(4.26), som er avledet fra disse ligningene. Dette er utvilsomt en sterk forutsetning, men kanskje ikke urimelig som en arbeidshypotese. Kapitalkoeffisienten er en variabel som er sterkt trend-dominert, og for slike variable kan det erfaringsmessig være nødvendig å differensiere seriene opptil flere ganger før de tilfredsstillende betingelsene for stasjonaritet.<sup>17</sup>

## 5. BEHANDLING AV DEPRESIERING

### 5.1. Økonomisk kontra mekanistisk depresieringsteori

Ligningene for kapasitetstilvekst og kapitalkoeffisienter som er utledet i de to foregående avsnitt, bestemmer tilsammen tilveksten i kapitalbeholdningen, altså nettoinvesteringen. Det som mangler for å få bestemt bruttoinvesteringen, er relasjoner for slitasje og utrangering av kapital (kapitalslit). Kvantitativt representerer disse en betydningsfull del av investeringsmodellen, ettersom replaseringsinvesteringene svarer for omtrent halvparten av industriens totale bruttoinvesteringer.

Som tidligere nevnt, er det rimelig å forutsette at kapital forsvinner fra produksjonssektorene av to årsaker. Den første er **teknisk bestemt slitasje** og ødeleggelse som ligger utenfor bedriftenes herredømme, den andre er aktive beslutninger om utrangering truffet av bedriftene på grunnlag av **økonomiske overveielser**.<sup>18</sup> I enkle utgaver av putty-clay-årgangsmodellen blir det således ofte forutsatt at de enkelte kapitalårganger tas ut av bruk, og eventuelt skrotes, når de ikke lenger inntjener en positiv quasi-rente, dvs. når utgiftene til de variable produksjonsfaktorer ikke lenger blir dekket av de løpende produksjonsinntekter.

Det ville neppe være forsøket verdt å anvende en økonomisk replaseringsteori (eller en teori som på en mer ad hoc-messig måte knytter utrangeringen til for eksempel kapasitetsutnyttelsen) hvis vi ikke kunne regne med at våre data var "blitt til" på denne måten. Det er ikke tilfellet for de nasjonalregnskapsdata som vi skal gjøre bruk av i det følgende: **årsdataene** for kapitalbeholdninger i nasjonalregnskapet er konstruert på grunnlag av historiske serier for bruttoinvesteringer og en antagelse om en fast struktur i utrangeringen, som ikke undergår sykliske endringer eller avhenger av økonomiske forhold på annen måte. Beregningsformelen for disse årsdataene er

$$(5.1) \quad K_t = \sum_{s=0}^{N-1} \left(1 - \frac{s+1}{N}\right) J_{t-s},$$

hvor  $K_t$  er kapitalbeholdningen ved utgangen av år  $t$ ,  $J_t$  er bruttoinvesteringen i år  $t$  og  $N$  en konstant som kan tolkes som kapitalens (maksimale) levetid, regnet i år. Dette tilsvarer avskrivning

etter "den rette linjes metode".<sup>19</sup> Den sterke forenkling som beregningene bygger på, er at en like stor del av kapitalbeholdningen forsvinner hvert år og at levetiden ikke varierer cyklisk; kapitalen forutsettes å være like lenge under bruk under høykonjunktur som i lavkonjunktur. Dette gir følgende serie for kapitalslitet

$$(5.2) \quad D_t = J_t - (K_t - K_{t-1}) = \frac{1}{N} \sum_{s=0}^{N-1} J_{t-s},$$

dvs. kapitalslitet i år fremtrer som et uveiet gjennomsnitt av bruttoinvesteringen i det inneværende og de N-1 foregående år. Ligning (5.2) er økonometrisk sett en lag-fordeling over N år med alle koeffisienter lik  $1/N$ .<sup>20</sup>

Den mekanistiske måte som depresieringen er behandlet på i det norske nasjonalregnskapet, legger naturligvis bånd både på (i) valget av metode for kvartalsfordeling av disse tallene<sup>21</sup>, (ii) utformingen av depresieringsrelasjonene og (iii) valget av metode for beregning av brukerpriser på kapital. Vi vil ta for oss problemene (i) og (ii) i avsnittene 5.2 og 5.3, mens (iii) vil bli behandlet i avsnitt 6.

### 5.2. Kvartalsfordeling av depresieringstallene

Vi vil nå beskrive den metode som er valgt for å kvartalsfordele årsseriene for kapitalbeholdning og depresiering i nasjonalregnskapet. La fotskrift  $t$  symbolisere år og fotskrift  $(i, t)$  stå for  $i$ -te kvartal år  $t$  ( $i=1,2,3,4$ ). Det foreligger følgende tidsserier:

$K_t = K_{4,t}$ : Kapitalbeholdning ved utgangen av (4. kvartal  $i$ ) år  $t$  ( $t=0,1,\dots,T$ ).

$D_t$  : Samlet depresiering i år  $t$  ( $t=0,1,\dots,T$ ).

$J_{it}$  : Bruttoinvestering i  $i$ -te kvartal  $i$  år  $t$  ( $t=1,\dots,T$ ;  $i=1,\dots,4$ ).

De tilfredsstillter følgende definisjonsligning:<sup>22</sup>

$$(5.3) \quad K_{4,t} = K_{4,t-1} + J_{1t} + J_{2t} + J_{3t} + J_{4t} - D_t.$$

Vi ønsker å beregne

$K_{1t}, K_{2t}, K_{3t},$

$D_{1t}, D_{2t}, D_{3t}, D_{4t},$  (t=1, ..., T),

slik at vi for alle  $t$  får oppfylt:

$$(5.4) \quad D_{1t} + D_{2t} + D_{3t} + D_{4t} = D_t,$$

$$(5.5) \quad K_{1t} = K_{4,t-1} + J_{1t} - D_{1t},$$

$$(5.6) \quad K_{2t} = K_{1t} + J_{2t} - D_{2t},$$

$$(5.7) \quad K_{3t} = K_{2t} + J_{3t} - D_{3t}.$$

Av (5.3)-(5.7) kan vi avlede

$$(5.8) \quad K_{4t} = K_{3t} + J_{4t} - D_{4t}.$$

Systemet (5.3)-(5.8) inneholder følgende 5 uavhengige ligninger.

En tenkelig kvartalsfordelingsmetode kunne bestå i å "utvide" (5.2) til å gjelde med kvartal som tidsenhet - dvs. erstatte  $N$  med  $4N$  og la summeringen foregå over  $4N$  kvartaler istedenfor over  $N$  år. Dette er imidlertid ingen farbar vei, da det ville kreve tilbakegående kvartalsvise investeringsserier over en svært lang periode - for bygningskapital eksempelvis  $4N = 240$  kvartaler - et krav vårt data-materiale åpenbart ikke tilfredsstillere. Vi har valgt en modifikasjon, som består i å beholde de 5 første ledd i ligningen, men representere de  $4N-5$  siste på en summarisk måte, idet vi setter<sup>23</sup>

$$(5.9) \quad D_{1t} = \frac{1}{4N}(J_{1t} + J_{4,t-1} + J_{3,t-1} + J_{2,t-1} + J_{1,t-1}) + \delta_{(-5)t}K_{4,t-2},$$

$$(5.10) \quad D_{2t} = \frac{1}{4N}(J_{2t} + J_{1t} + J_{4,t-1} + J_{3,t-1} + J_{2,t-1}) + \delta_{(-5)t}K_{1,t-1},$$

$$(5.11) \quad D_{3t} = \frac{1}{4N}(J_{3t} + J_{2t} + J_{1t} + J_{4,t-1} + J_{3,t-1}) + \delta_{(-5)t}K_{2,t-1},$$

$$(5.12) \quad D_{4t} = \frac{1}{4N}(J_{4t} + J_{3t} + J_{2t} + J_{1t} + J_{4,t-1}) + \delta_{(-5)t}K_{3,t-1}.$$

Det siste ledd i disse ligningene er ment å skulle oppfange depresiering av kapital som er eldre enn 4 kvartaler. For kapital som er inntil 4 kvartaler gammel, følger vi altså den "eksakte" depresieringsformelen i nasjonalregnskapet. Vi regner med at "depresieringsraten"  $\delta_{(-5)t}$  kan variere fra år til år, men at den antar samme verdi for alle kvartaler innen det enkelte år. Problemet reduserer seg dermed til å estimere  $\delta_{(-5)t}$  under den bibetingelse at definisjonsligningene (5.3)-(5.7) skal være oppfylt.

Anta nå at depresieringsseriene kan tilnærmes til en stykkevis lineær funksjon. Dette gir følgende uttrykk for  $D_{1,t-1}$ ,  $D_{2,t-1}$ ,  $D_{3,t-1}$ :<sup>24</sup>

$$D_{1,t-1}^* = \frac{1}{4}D_{t-1} - \frac{3}{32}(D_{t-1} - D_{t-2}) = \frac{3}{32}D_{t-2} + \frac{5}{32}D_{t-1},$$

$$D_{2,t-1}^* = \frac{1}{4}D_{t-1} - \frac{1}{32}(D_{t-1} - D_{t-2}) = \frac{1}{32}D_{t-2} + \frac{7}{32}D_{t-1},$$

$$D_{3,t-1}^* = \frac{1}{4}D_{t-1} + \frac{1}{32}(D_{t-1} - D_{t-2}) = \frac{7}{32}D_{t-1} + \frac{1}{32}D_{t-2},$$

som er våre foreløpige anslag for de kvartalsvise depresieringstallene. Innsetting av disse verdier i (5.5)-(5.7), tilbakedatert ett år, gir

$$(5.13) \quad K_{1,t-1} = K_{4,t-2} + J_{1,t-1} - \left(\frac{3}{32}D_{t-2} + \frac{5}{32}D_{t-1}\right),$$

$$(5.14) \quad K_{2,t-1} = K_{4,t-2} + J_{2,t-1} + J_{1,t-1} - \left(\frac{4}{32}D_{t-2} + \frac{12}{32}D_{t-1}\right),$$

$$(5.15) \quad K_{3,t-1} = K_{4,t-2} + J_{3,t-1} + J_{2,t-1} + J_{1,t-1} - \left(\frac{4}{32}D_{t-2} + \frac{19}{32}D_{t-1} + \frac{1}{32}D_{t-2}\right).$$

Vi setter så (5.13)-(5.15) inn i (5.10)-(5.12) og resultatet av dette sammen med (5.9) inn i (5.4). Da får vi

$$(5.16) \quad D_t = \frac{1}{4N} \{J_{4t} + 2J_{3t} + 3J_{2t} + 4J_{1t} + 4J_{4,t-1} + 3J_{3,t-1} + 2J_{2,t-1} + J_{1,t-1}\} \\ + \delta_{(-5)t} \{J_{3,t-1} + 2J_{2,t-1} + 3J_{1,t-1} + 4K_{4,t-2} - \frac{1}{32}D_t - \frac{36}{32}D_{t-1} - \frac{11}{32}D_{t-2}\}.$$

Denne ligningen kan brukes til å bestemme  $\delta_{(-5)t}$  for enhver gitt verdi av  $N$ , siden alle de øvrige variable pr. forutsetning er kjente. Vi har dermed det vi trenger for å kunne beregne kvartalsserier for  $K$  og  $D$ .

Trinnene i beregningsopplegget er følgende:

- i) Velg en verdi for  $N$ .
- ii) Beregn  $\delta_{(-5)t}$  på grunnlag av (5.16).
- iii) Beregn  $D_{1t}$  og  $K_{1t}$  fra (5.9) og (5.5), så  $D_{2t}$  og  $K_{2t}$  fra (5.10) og (5.6), og dernest  $D_{3t}$  og  $K_{3t}$  fra (5.11) og (5.7).
- iv) Beregn tilslutt  $D_{4t}$  fra (5.4).

De verdier av  $N$  som er valgt for de fem industrisektorene i KVARTS, er gitt i tabell 1 nedenfor. Disse verdier ligger nær de som er benyttet, på mer disaggregert nivå, ved kapitalslitberegningene i de årlige nasjonalregnskapene.<sup>25</sup> De tilsvarende tidsserier for  $\delta_{B(-5)}$  og  $\delta_{M(-5)}$  er gjengitt i tabell 2. Vi ser at de viser et forholdsvis "glatt" forløp, om enn med visse sykliske variasjoner.<sup>26</sup>

### 5.3 Depresieringsligningene. Sammenknytningen mellom kapital, investering og depresiering

De økonometriske ligninger for depresiering i KVARTS reproducerer den metode vi har benyttet ved kvartalsfordelingen av tallseriene i nasjonalregnskapet og som er sammenfattet i (5.9)-(5.12). Lar vi nå  $t$  betegne kvartal (fortløpende nummerert) og, som før, benytter  $B$  som fotskrift for bygninger og  $M$  for maskiner og transportmidler, kan ligningene for de to artsgruppene skrives som

$$(5.17) \quad D_{Bt} = \frac{1}{4N_B} \sum_{i=0}^4 J_{B,t-i} + \delta_{B(-5),t} K_{B,t-5}, \\ D_{Mt} = \frac{1}{4N_M} \sum_{i=0}^4 J_{M,t-i} + \delta_{M(-5),t} K_{M,t-5},$$

hvor  $N_B$  og  $N_M$  er levetidene, regnet i år, og  $\delta$ -ene er parametre som antar samme verdi for alle kvartaler innen det enkelte år. Definisjonsligningene mellom bruttoinvestering, kapitalbeholdning og depresiering,

$$(5.18) \quad K_{Bt} = K_{B,t-1} + J_{Bt} - D_{Bt}, \\ K_{Mt} = K_{M,t-1} + J_{Mt} - D_{Mt},$$

Tabell 1. Antatt levetid N, år, benyttet ved kvartalsfordeling av depresieringstallene

Produksjonssektor	Bygninger og anlegg (B)	Maskiner og transportmidler (M)
15. Næringsmiddel- og bekledningsindustri .....	60	15
25. Trevareindustri, grafisk industri mv. ....	60	15
30. Bergverk og råvareindustri .....	60	15
45. Metallbearbeidingsindustri .....	60	20
50. Verftsindustri .....	60	20

Tabell 2. Verdier av parametrene  $\delta_{B(-5)}$  og  $\delta_{M(-5)}$ , estimert ved ligning (5.16)

Sektor 15: Næringsmiddel- og bekledningsindustri.

Sektor 25: Trevareindustri, grafisk industri mv.

Sektor 30: Bergverk og råvareindustri.

Sektor 45: Metallbearbeidingsindustri.

Sektor 50: Verftsindustri.

År	Bygninger mv. (B), $\delta_{B(-5)t} * 10^3$					Maskiner og transportmidler mv. (M), $\delta_{M(-5)t} * 10^2$				
	Sektor					Sektor				
t	15	25	30	45	50	15	25	30	45	50
1967	6.025	5.357	6.193	6.056	6.434	1.964	1.569	1.524	1.702	1.792
1968	6.066	5.366	6.234	6.080	6.492	1.974	1.588	1.588	1.741	1.839
1969	6.106	5.375	6.275	6.104	6.550	1.984	1.607	1.652	1.780	1.885
1970	6.202	5.400	6.380	6.100	6.612	1.997	1.605	1.719	1.815	1.916
1971	6.143	5.397	6.434	6.045	6.562	2.064	1.631	1.778	1.849	1.948
1972	6.097	5.761	6.218	5.998	6.472	2.024	1.765	1.725	1.820	1.897
1973	6.060	5.745	6.213	5.930	6.429	1.996	1.753	1.761	1.809	1.844
1974	6.065	5.744	6.328	5.923	6.572	2.006	1.764	1.783	1.787	1.811
1975	6.066	5.693	6.284	5.836	6.347	2.010	1.784	1.821	1.774	1.805
1976	6.053	5.648	6.178	5.819	5.925	2.030	1.826	1.810	1.774	1.762
1977	6.083	5.683	6.097	5.836	6.112	2.090	1.873	1.758	1.796	1.734
1978	6.141	5.701	6.081	5.815	6.084	2.093	1.880	1.713	1.804	1.770



utgjør sammen med (5.17) bindeleddet mellom kapitalbeholdninger, bruttoinvesteringer og depresierings-tall i modellen.

Et spørsmål er her hvordan vi modellmessig bør behandle "depresieringsratene"  $\delta_{B(-5)t}$  og  $\delta_{M(-5)t}$ . Siden tidsseriene for disse variable viser et forholdsvis "glatt" forløp, begår vi neppe noen alvorlig feil om vi betrakter dem som eksogent bestemt, uavhengig av de sykliske variasjoner i modellen endogene variable, så vel ved historiske simuleringer som ved prediksjoner.

## 6. BEHANDLING AV BRUKERPRISER PÅ KAPITAL

I dette avsnittet vil vi kort redegjøre for hvordan vi har skaffet data for brukerpriser på bygningskapital og maskinkapital mv. I investeringsrelasjoner i makromodeller finner en ofte brukerpriser representert ved ligninger av følgende form:

$$\text{brukerpris} = \text{investeringspris} * (\text{rentesats} + \text{depresieringsrate}) * \text{skattefaktor}.$$

Slike ligninger bygger implisitt på en antagelse om konstant depresieringsrate for kapitalutstyret. Flere varianter finnes, idet renten kan være en nominal- eller en realrentesats, og den kan være regnet før eller etter skatt. Det er rimelig å bruke en realrentesats hvis en kan anta at bedriftene har mulighet for å realisere prisgevinster (positive eller negative) ved salg av brukt kapitalutstyr - slik den neo-klassiske modellen strengt tolket forutsetter - og at de tar hensyn til det i sin tilpasning. Skattefaktoren representerer blant annet effekter på de bedriftsøkonomiske omkostninger knyttet til realkapital av reglene for periodisering av investeringsutgiftene, herunder spesielt avskrivningsreglene.

Nå er tidsseriene for realkapital i modellen konstruert på grunnlag av en overlevelsesprofil som ikke innebærer konstant depresieringsrate (jf. avsnitt 5)<sup>27</sup>, og vi har valgt å ta hensyn til dette ved konstruksjon av brukerpriser. Teorigrunnlaget for disse beregningene og forutsetninger ellers er beskrevet i Biørn og Fosby (1980), og vi rekapitulerer bare hovedpunktene her:

- (i) Beskatningen av bedriftenes overskudd følger reglene for inntektsbeskatning av aksjeselskaper. Det tas ikke hensyn til formuesskatt.
- (ii) Depresieringen av kapitalutstyret skjer lineært (jf. (5.1) og (5.2)).<sup>28</sup>
- (iii) De skattemessige avskrivninger bygger på reglene for ordinære avskrivninger etter den rette linjes metode, med skattemessige levetider som er mellom halvparten og to tredjedeler av de tekniske. (Se Biørn og Fosby (1980), tabell 4.)
- (iv) Det tas ikke hensyn til mulige kapitalgevinster, og det forutsettes at bedriftene ved neddiskontering av fremtidig konstantstrøm (cash-flow) benytter en nominell rentesats etter skatt.<sup>29</sup>

Beregningsformelen for brukerprisen er

$$(6.1) \quad c = q * f,$$

hvor  $q$  er investeringsprisindeksen og  $f$  en faktor som sammenfatter virkningen av rente, depresieringsstruktur og skatte- og avskrivningsregler. Denne faktoren, i det følgende kalt den relative brukerpris, er gitt ved (jf. Biørn og Fosby (1980), ligning 25))

$$(6.2) \quad f = \frac{1+r}{B} \cdot \frac{1-uz}{1-u},$$

hvor

- $r$  = rentesats etter skatt, pro anno rate,  
 $u$  = inntektsskattesats,  
 $B$  = nåverdi av kapitalens overlevelsesandeler,  
 $z$  = nåverdi av avskrivningssatsene.

Uttrykkene for  $B$  og  $z$  er

$$(6.3) \quad B = \sum_{i=0}^{N-1} (1+r)^{-i} \left(1 - \frac{i}{N}\right) = \frac{1+r}{r} \left[1 - \frac{A_N}{N}\right],$$

$$(6.4) \quad z = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (1+r)^{-i} = \frac{A_T}{T},$$

hvor generelt  $A_Z$  betegner nåverdien av en konstant etterskuddsannuitet på 1 krone over  $Z$  år diskontert med rentesatsen  $r$ :

$$(6.5) \quad A_Z = \frac{1}{r} [1 - (1+r)^{-Z}] \quad (Z=N, T).$$

Her er  $T$  den skattemessige levetid og  $N$ , som før, den maksimale tekniske levetid, for kapitalutstyret begge regnet i år.

Ved innsetting av (6.3) og (6.4) i (6.2) finner vi at uttrykket for  $f$  kan spaltes i to faktorer:

$$(6.6) \quad f = \frac{r}{1-u} * \frac{1-uA_T/T}{1-A_N/N}.$$

Lar vi  $\rho = r/(1-u)$  betegne rentesatsen før skatt, kan vi dermed skrive brukerprisene for henholdsvis bygningskapital og maskinkapital pro anno som produktet av tre faktorer,

$$c_B = q_B * \rho * k_B,$$

(6.7)

$$c_M = q_M * \rho * k_M,$$

hvor  $q_B$  og  $q_M$  er investeringsprisindeksene for de to artsgruppene og  $k_B$  og  $k_M$  er depresierings-/skatte-/avskrivningsfaktorer gitt ved

$$k_B = \frac{1-uA_T/T_B}{1-A_{N_B}/N_B},$$

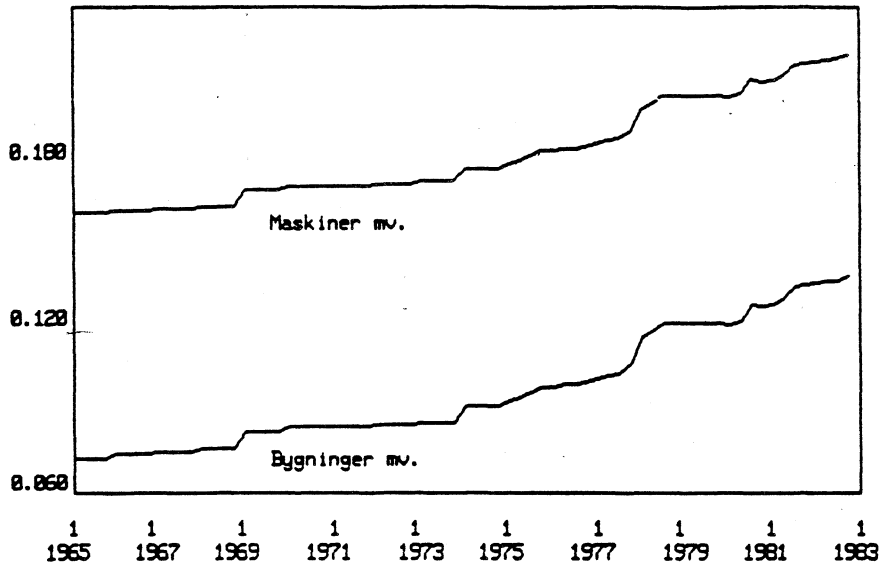
(6.8)

$$k_M = \frac{1-uA_T/T_M}{1-A_{N_M}/N_M}.$$

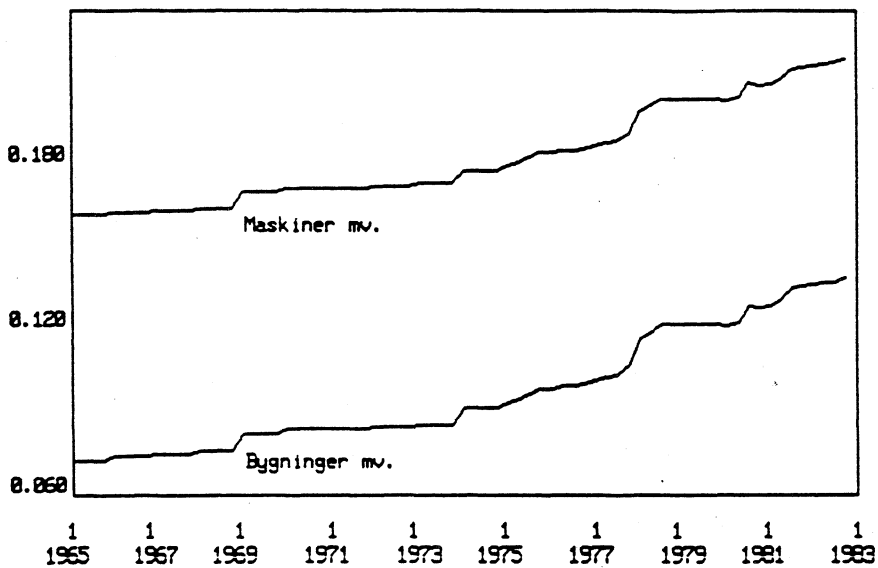
Ligningene (6.7) og (6.8) representerer også sammenhengen mellom brukerprisene, investeringsprisene, rentesatsen og skatte- og avskrivningsreglene i KVARTS.

Tidsseriene for de relative brukerpriser  $f_B = \rho k_B$  og  $f_M = \rho k_M$  i fire av industrisektorene i modellen, basert på en rentesats for utlån fra forretningsbanker til næringslivet og på skattereglene for aksjeselskaper, er gjengitt i figurene 1.A-1.D. De absolutte brukerpriser er illustrert i figurene 2.A-2.D. De aktuelle prisindekser  $q_B$  og  $q_M$  er hentet fra nasjonalregnskapet.

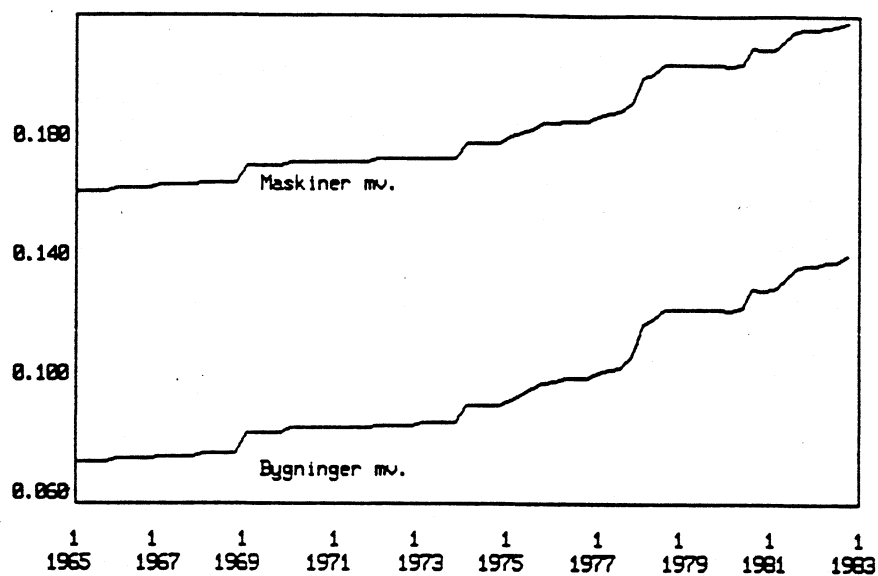
Figur 1.A. Relative brukerpriser på realkapital  
Sektor 15. Næringsmiddel- og beklædningsindustri.



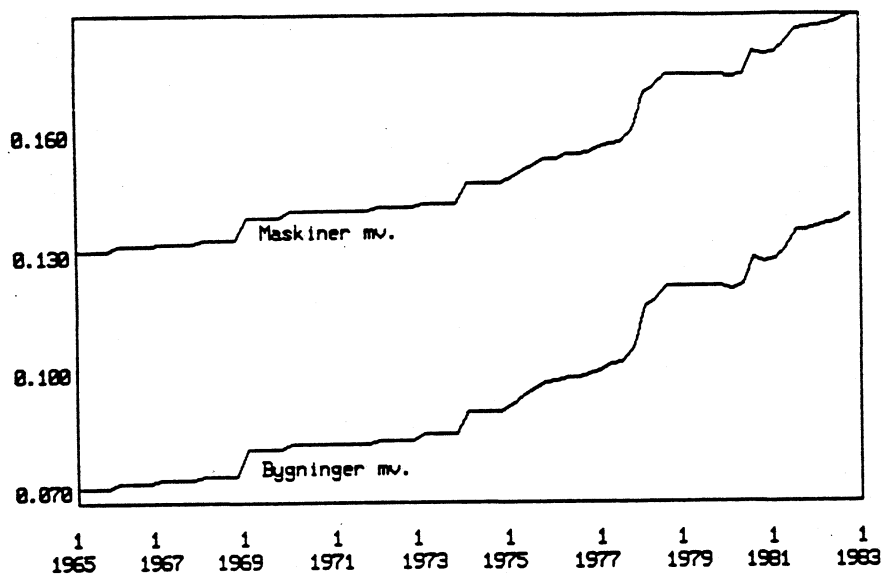
Figur 1.B. Relative brukerpriser på realkapital  
Sektor 25. Trevareindustri, grafisk industri mv.



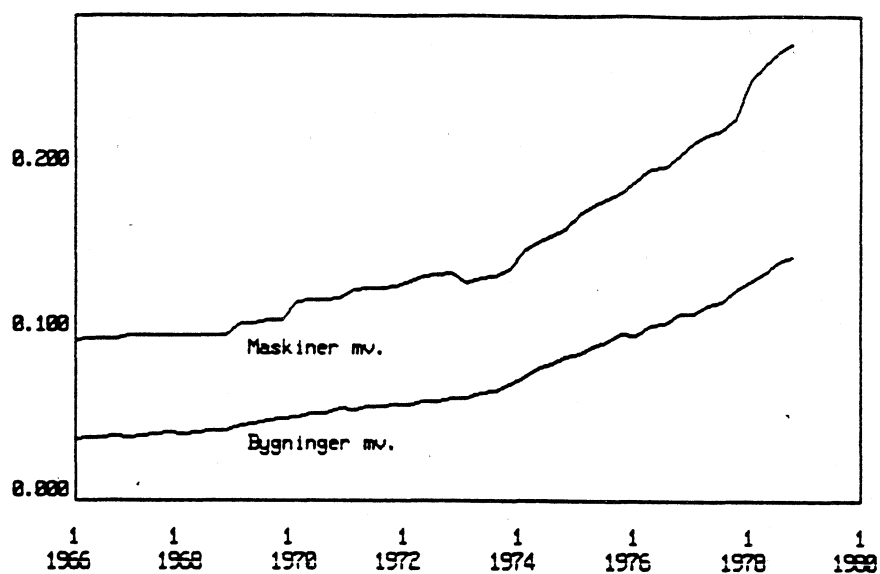
Figur 1.C. Relative brukerpriser på realkapital  
Sektor 30. Bergverk og råvareindustri.



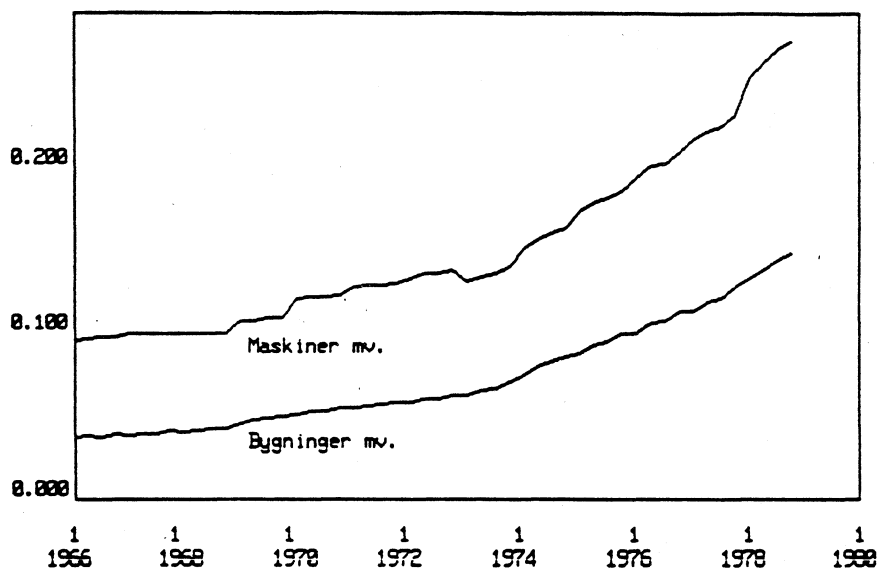
Figur 1.D. Relative brukerpriser på realkapital  
Sektor 45. Metallbearbeidingsindustri.



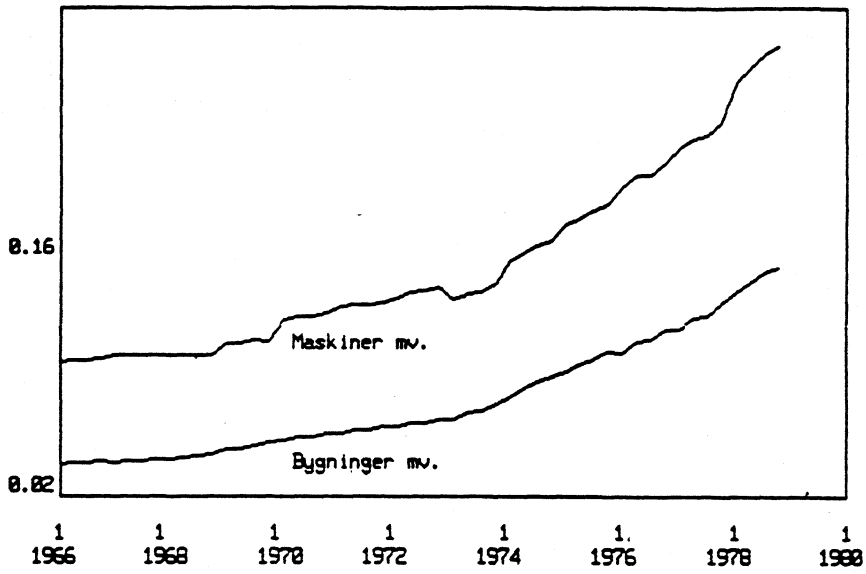
Figur 2.A. Absolutte brukerpriser på realkapital  
Sektor 15. Næringsmiddel- og beklædningsindustri.



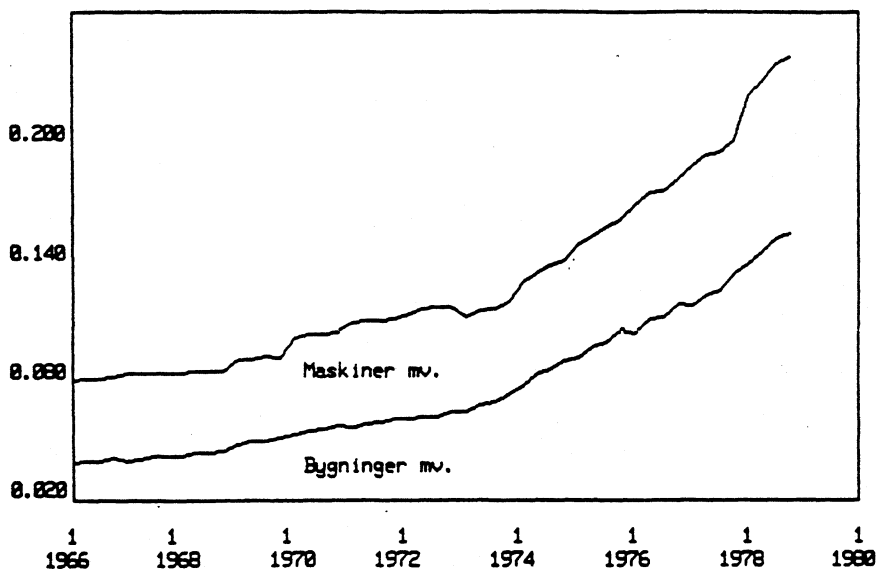
Figur 2.B. Absolutte brukerpriser på realkapital  
Sektor 25. Trevareindustri. Grafisk industri mv.



Figur 2.C. Absolutte brukerpriser på realkapital  
Sektor 30. Bergverk og råvareindustri.



Figur 2.D. Absolutte brukerpriser på realkapital  
Sektor 45. Metallbearbeidingsindustri.



## 7. EMPIRISKE RESULTATER

### 7.1. Noen hovedtrekk ved datamaterialet

I dette avsnittet presenteres hovedresultatene av forsøkene på å estimere ligningene i investeringsmodellen, dvs. ligningene for tilpasning av produksjonskapasiteten og kapitalkoeffisientene. Datamaterialet er nasjonalregnskapsdata og konstruerte serier for brukerpriser på kapital, produksjonskapasitet og kapitalkoeffisienter for perioden 1966.1 - 1978.4. Kapasitetsligningene presenteres i underavsnitt 7.2 og ligningene for kapitalkoeffisientene i underavsnitt 7.3. Dessuten gjengis kort, i underavsnitt 7.4, noen supplerende resultater med en annen behandling av produksjonskapasiteten. Noen konkluderende bemerkninger følger til slutt, i underavsnitt 7.5.

La oss først se på noen hovedtrekk ved datamaterialet. I tabell 3 er gjengitt gjennomsnittsverdier for de sentrale variable i undersøkelsen og enkle transformasjoner av disse. Tidsseriene for produksjonskapasiteten,  $\bar{x}$ , er beregnet etter en variant av den såkalte Wharton-metoden, som består i å legge lineære trender gjennom topppunktene på den sesongkorrigerte kurven for faktisk produksjon (bruttoproduksjon ifølge nasjonalregnskapet).<sup>30</sup> Tidsseriene for kapitalkoeffisientene er beregnet som forholdet mellom kapitalbeholdningen og produksjonskapasiteten. **Dermed vil definisjonsligningen mellom disse tre variable bli eksakt oppfylt i datamaterialet**, og eventuelle feil i kapasitetsmålene vil slå ut i motsatt rettede målefeil i seriene for kapitalkoeffisientene. Vi ser av tabellen at kapitalintensiteten varierer betydelig mellom sektorer.<sup>31</sup> Mest kapitalintensiv er sektor 30 Bergverk og råvareindustri, med en gjennomsnittlig kapitalkoeffisient på kvartalsbasis på 1.85 for bygninger og 1.73 for maskiner og transportmidler. I alle sektorer unntatt 25 Trevareindustri, grafisk industri mv. er kapitalintensiteten størst for bygninger.

Veksten i produksjonskapasiteten, slik den fremkommer ved bruk av Wharton-metoden, varierer betydelig mellom sektorer; høyest gjennomsnittlig vekstrate ( $\Delta \log \bar{x}$ ) viser sektor 50 Verftsindustri (2,2 prosent pr. kvartal), lavest sektor 15 Næringsmiddel- og bekledningsindustri (0,4 prosent pr. kvartal). Også for kapitalkoeffisientene finner vi markante forskjeller i veksttakten. Sterkest vekst her viser sektor 45 Metallbearbeidingsindustri ( $\Delta \log a_B = 0,4$  prosent,  $\Delta \log a_M = 1,0$  prosent) og svakest vekst sektor 50 Verftsindustri ( $\Delta \log a_B = -1,1$  prosent,  $\Delta \log a_M = -0,4$  prosent).

Tilveksten i kapitalbeholdningen fremkommer som summen av de relative tilvekster i produksjonskapasiteten og kapitalkoeffisientene, siden definisjonsligningene mellom kapitalbeholdningene, kapitalkoeffisientene og produksjonskapasiteten impliserer

$$\Delta \log K_B = \Delta \log a_B + \Delta \log \bar{x},$$

(7.1)

$$\Delta \log K_M = \Delta \log a_M + \Delta \log \bar{x}.$$

Vi ser at det i tre av de fem sektorene, nemlig nr. 25, 30 og 50, er kapasitetskomponenten som gir det største bidraget til veksten i maskinkapitalen. Det samme gjelder bygningskapitalen i alle sektorer unntatt nr. 15. Sektor 50 Verftsindustri adskiller seg fra de øvrige sektorer, idet begge kapitalkoeffisientene her viser nedgang samtidig med en markert økning i produksjonskapasiteten.

Det siste resultatet avspeiler grunnleggende problemer ved å bruke Wharton-metoden til å bestemme utviklingen i produksjonskapasiteten i verftsindustrien i den periode våre data dekker. Lokaliseringen av topppunktene og trendene mellom disse viste seg spesielt å skape problemer. Dette skyldes nok i første rekke oljeaktiviteten, som sterkt preget produksjonsutviklingen i denne industri-næringen i 1970-årene. Perioden etter siste toppunkt fremtrer som særlig problematisk i så måte. Etter en samlet vurdering fant vi dataproblemene for sektor 50 Verftsindustri så store at vi besluttet å avstå fra å forsøke å endogenisere produksjonskapasiteten og investeringene i denne sektoren i denne undersøkelsen.

Tabell 3. Kapitalkoeffisient, kapitalbeholdning, produksjonskapasitet og transformasjoner av disse variable. Gjennomsnitt for perioden 1968.1 - 1978.4

Sektor 15: Næringsmiddel- og bekledningsindustri.  
 Sektor 25: Trevareindustri, grafisk industri mv.  
 Sektor 30: Bergverk og råvareindustri.  
 Sektor 45: Metallbearbeidingsindustri.  
 Sektor 50: Verftsindustri.

	Sektor				
	15	25	30	45	50
$a_B = K_B/\bar{x}$	0.9588	1.0170	1.8517	1.1149	0.8288
$a_M = K_M/\bar{x}$	0.8489	1.1432	1.7251	0.8709	0.3696
$\Delta a_B$	$3.83 \times 10^{-3}$	$2.10 \times 10^{-3}$	$3.46 \times 10^{-3}$	$4.77 \times 10^{-3}$	$-10.56 \times 10^{-3}$
$\Delta a_M$	$3.79 \times 10^{-3}$	$3.16 \times 10^{-3}$	$5.94 \times 10^{-3}$	$9.05 \times 10^{-3}$	$-1.74 \times 10^{-3}$
$\log a_B$	-0.043	0.016	0.614	0.106	-0.195
$\log a_M$	-0.165	0.133	0.542	-0.150	-0.999
$\Delta \log a_B$	$3.99 \times 10^{-3}$	$1.95 \times 10^{-3}$	$1.73 \times 10^{-3}$	$4.00 \times 10^{-3}$	$-11.10 \times 10^{-3}$
$\Delta \log a_M$	$4.46 \times 10^{-3}$	$2.62 \times 10^{-3}$	$3.13 \times 10^{-3}$	$9.56 \times 10^{-3}$	$-4.05 \times 10^{-3}$
$K_B$	6 544	5 789	13 314	4 617	2 878
$K_M$	5 795	6 513	12 403	3 637	1 320
$\Delta K_B$	51.1	74.6	106.8	58.1	30.7
$\Delta K_M$	48.0	87.8	119.6	66.8	23.5
$\log K_B$	8.781	8.649	9.491	8.423	7.951
$\log K_M$	8.659	8.766	9.419	8.167	7.147
$\Delta \log K_B$	$7.87 \times 10^{-3}$	$13.04 \times 10^{-3}$	$7.93 \times 10^{-3}$	$12.69 \times 10^{-3}$	$10.74 \times 10^{-3}$
$\Delta \log K_M$	$8.33 \times 10^{-3}$	$13.71 \times 10^{-3}$	$9.32 \times 10^{-3}$	$18.26 \times 10^{-3}$	$17.79 \times 10^{-3}$
$\bar{x}$	6 808	5 676	7 179	4 118	3 570
$\Delta \bar{x}$	26.2	58.6	41.7	33.2	68.4
$\log \bar{x}$	8.824	8.633	8.877	8.316	8.146
$\Delta \log \bar{x}$	$3.87 \times 10^{-3}$	$11.09 \times 10^{-3}$	$6.20 \times 10^{-3}$	$8.70 \times 10^{-3}$	$21.84 \times 10^{-3}$



Tabell 4. Korrelasjonskoeffisienter for relative tilvekster i kapitalbeholdninger, kapitalkoeffisienter og produksjonskapasitet, 1967.2 - 1978.4

Sektor 15. Næringsmiddel- og bekledningsindustri.

	$\Delta \log K_B$	$\Delta \log K_M$	$\Delta \log a_B$	$\Delta \log a_M$	$\Delta \log \bar{x}$
$\Delta \log K_B$	1				
$\Delta \log K_M$	0.502	1			
$\Delta \log a_B$	0.935	0.499	1		
$\Delta \log a_M$	0.476	0.967	0.563	1	
$\Delta \log \bar{x}$	-0.005	-0.087	-0.361	-0.336	1

Sektor 25. Trevareindustri, grafisk industri mv.

	$\Delta \log K_B$	$\Delta \log K_M$	$\Delta \log a_B$	$\Delta \log a_M$	$\Delta \log \bar{x}$
$\Delta \log K_B$	1				
$\Delta \log K_M$	0.682	1			
$\Delta \log a_B$	0.457	0.294	1		
$\Delta \log a_M$	0.355	0.663	0.804	1	
$\Delta \log \bar{x}$	0.261	0.197	-0.740	-0.604	1

Sektor 30. Bergverk og råvareindustri.

	$\Delta \log K_B$	$\Delta \log K_M$	$\Delta \log a_B$	$\Delta \log a_M$	$\Delta \log \bar{x}$
$\Delta \log K_B$	1				
$\Delta \log K_M$	0.514	1			
$\Delta \log a_B$	0.612	0.227	1		
$\Delta \log a_M$	0.502	0.797	0.710	1	
$\Delta \log \bar{x}$	-0.131	0.042	-0.864	-0.570	1

Sektor 45. Metallbearbeidingsindustri.

	$\Delta \log K_B$	$\Delta \log K_M$	$\Delta \log a_B$	$\Delta \log a_M$	$\Delta \log \bar{x}$
$\Delta \log K_B$	1				
$\Delta \log K_M$	0.636	1			
$\Delta \log a_B$	0.567	0.500	1		
$\Delta \log a_M$	0.447	0.840	0.811	1	
$\Delta \log \bar{x}$	0.086	-0.115	-0.772	-0.636	1

Sektor 50. Verftsindustri.

	$\Delta \log K_B$	$\Delta \log K_M$	$\Delta \log a_B$	$\Delta \log a_M$	$\Delta \log \bar{x}$
$\Delta \log K_B$	1				
$\Delta \log K_M$	0.628	1			
$\Delta \log a_B$	0.579	0.517	1		
$\Delta \log a_M$	0.473	0.826	0.852	1	
$\Delta \log \bar{x}$	-0.065	-0.229	-0.851	-0.738	1

Tabell 4, som inneholder korrelasjonskoeffisienter, supplerer dette bildet. Vi finner (i) at den relative tilvekst i kapitalkoeffisientene ( $\Delta \log a_B$  og  $\Delta \log a_M$ ) er negativt korrelert med tilveksten i produksjonskapasiteten ( $\Delta \log \bar{X}$ ) i samtlige fem sektorer, (ii) at tilveksten i kapitalkoeffisientene for de to artsgruppene er innbyrdes forholdsvis sterkt (positivt) korrelert, og (iii) at tilveksten i kapitalbeholdningen i samtlige tilfelle er sterkere korrelert med tilveksten i kapitalkoeffisienten enn med tilveksten i produksjonskapasiteten. Selv om dette siste resultatet uten tvil kan avspeile at det er negativt korrelerte målefeil i seriene for kapitalkoeffisienter og produksjonskapasitet, gir det nok også en indikasjon på at muligheten for å oppnå en god økonometrisk bestemmelse av investeringsadferden i særlig grad vil avhenge av hvor godt vi greier å forklare endringene i kapitalintensiteten. Eller sagt på en annen måte: relasjoner som knytter investeringsutviklingen direkte til kapasitetsutviklingen, ved å forutsette konstante kapitalkoeffisienter - altså akselerasjonsprinsippet "på kapasitetsform" - ville ha dårlig forklaringskraft med våre data.

## 7.2. Kapasitetstilpasningsligningene. Minste kvadraters estimerer

De forsøk som er gjort på å estimere kapasitetstilpasningsligningene (3.4), er basert på at økningen i forventet omsetning,  $\Delta D_t^*$ , knyttes - via lag-fordelinger - dels til den realiserte økningen i omsetningen i tidligere perioder slik den registreres i nasjonalregnskapets sluttleveringer, og dels til økningen i indikatorer for størrelsen av de norske eksportmarkedene. Vi benytter følgende symboler:

$H_t$ : Etterspørsel etter sektorens hovedvare rettet mot norske produsenter fra hjemmemarkedet.<sup>32</sup>

$E_t$ : Eksport av sektorens hovedvare.

$MI_t$ : Indeks for størrelsen av sektorens eksportmarked.<sup>33</sup>

For å eliminere virkningen av sesongvariasjoner i etterspørselen, uttrykker vi alle tilvekstene som **tilvekster over 4 kvartaler** - markert med differensoperatoren  $\Delta_4$ , idet for eksempel  $\Delta_4 H_{t-i}$  tolkes

som  $H_{t-i} - H_{t-i-4}$  ( $i=0,1,2,\dots$ ). Rentabilitetsvariabelen  $\rho_t$  representeres ved forholdet mellom netto driftsresultat og verdien av kapitalutstyret, ifølge nasjonalregnskapet; jf. ligning (3.2).

I tabell 5 er gjengitt estimeringsresultater basert på minste kvadraters metode. For hver av sektorene er to varianter presentert. Tregheter i tilpasningen av produksjonskapasiteten er tatt hensyn til dels ved å inkludere et konstantledd i ligningen (som altså representerer et trendledd når ligningen transformeres til nivåform) og dels ved å utforme den autoregressivt. Ingen av spesifikasjonene gir statistisk sett fullt tilfredsstillende resultater. Autokorrelasjon i restleddene synes å være et gjennomgående trekk. Det gjelder både autokorrelasjon av første og av høyere orden.<sup>34</sup> Forsøk på å "korrigere" for dette ved hjelp av Cochrane-Orcutt's metode ga jevnt over uakseptable resultater. Det er tydeligvis fortsatt betydelige problemer med den dynamiske spesifikasjon av kapasitetsutbyggingsligningene, som det bør arbeides videre med i fremtidige versjoner av modellen. Men resultatene kan også avspeile mer grunnleggende svakheter ved vår metode for beregning av produksjonskapasitet og kapasitetsutnyttelse.

En hovedkonklusjon synes likevel å være at rentabiliteten har positiv virkning på tilveksten i produksjonskapasiteten i tre av de fire sektorene - og ifølge en enkel 5 prosents t-test er den signifikant<sup>35</sup> - nemlig 25 Trevareindustri, grafisk industri mv., 30 Bergverk og råvareindustri og 45 Metallbearbeidingsindustri. I den fjerde, 15 Næringsmiddel- og bekledningsindustri, er virkningen ikke utsagnskraftig. Vi finner følgelig en viss støtte for vår antagelse om at det er elementer av tilbyderadferd i industriprodusentenes beslutninger om å endre produksjonskapasiteten. (Jf. avsnitt 3.) Klarest er denne effekten i sektorene 25 og 30.

Tabell 5. Kapasitetstilpasningsligning. Estimeringsresultater

	Sektor 15. Næringsmiddel- og bekledningsindustri		Sektor 25. Trevareindustri, grafisk industri mv.	
	$\Delta \bar{X}_t = \alpha_0 + \alpha \Delta \bar{X}_{t-1} + \sum_{i=0}^3 \beta_i \rho_{t-i} +$ $\sum_{i=0}^3 \gamma_i \Delta_4 (H_{t-i} + E_{t-i}) + \sum_{i=0}^3 \delta_i \Delta_4 MI_{t-i}$		$\Delta \bar{X}_t = \alpha_0 + \sum_{i=0}^3 \beta_i \rho_{t-i} +$ $\sum_{i=0}^3 \gamma_i \Delta_4 (H_{t-i} + E_{t-i}) + \sum_{i=0}^3 \delta_i \Delta_4 MI_{t-i}$	
	Estimeringsmetode: Minste kvadraters metode med polynomiske lag-fordelinger. 1968.4 - 1978.4		Estimeringsmetode: Minste kvadraters metode med polynomiske lag-fordelinger. 1968.4 - 1978.4	
	Gj.sn. $\Delta \bar{X} = 26.36$	Gj.sn. $\bar{X} = 6849.32$	Gj.sn. $\Delta \bar{X} = 58.05$	Gj.sn. $\bar{X} = 5781.53$
$\alpha_0$	27.83 (6.77)	-	-37.30 (21.15)	-30.63 (23.64)
$\alpha$	-	0.8869 (0.0569)	-	-
$\beta_0$	94.80 (170.22)	-	1115.53 (399.97)	1121.32 (435.28)
$\beta_1$	-1.55 (79.95)	-	818.80 (190.14)	772.61 (235.06)
$\beta_2$	-49.46 (106.14)	-	533.96 (275.13)	469.48 (296.39)
$\beta_3$	-48.95 (90.16)	-	261.03 (233.92)	211.95 (243.53)
$\gamma_0$	-0.01399 (0.00700)	-0.00713 (0.00329)	-	0.00989 (0.01371)
$\gamma_1$	-0.00233 (0.00392)	0.00204 (0.00198)	-	0.00389 (0.00745)
$\gamma_2$	0.00389 (0.00504)	0.00628 (0.00252)	-	0.00024 (0.01038)
$\gamma_3$	0.00466 (0.00412)	0.00560 (0.00204)	-	-0.00105 (0.00860)
$\delta_0$	-	0.4778 (0.6639)	-0.3330 (1.5154)	-
$\delta_1$	-	0.1941 (0.1958)	0.4938 (0.6054)	-
$\delta_2$	-	0.0199 (0.3809)	0.8249 (0.9186)	-
$\delta_3$	-	-0.0448 (0.3515)	0.6603 (0.8088)	-
$\Sigma \beta_i$	-5.164 (266.516)	-	2729.32 (633.79)	2575.36 (783.54)
$\Sigma \gamma_i$	-0.0078 (0.0130)	0.0068 (0.0066)	-	0.013 (0.025)
$\Sigma \delta_i$	-	0.647 (0.653)	1.646 (2.018)	-
$\sigma_u$	9.95	4.94	21.55	21.63
Polynomgrad	2	2	2	2
Halerestr.	Ja	Ja	Ja	Ja
D.W.	0.28	1.79	0.26	0.25
B.P.(4)	80.13	0.27	83.79	87.51
B.P.(8)	88.91	3.48	102.06	106.71
B.P.(12)	95.51	5.23	103.30	108.51

Tabell 5 (forts.). Kapasitetstilpasningsligning. Estimeringsresultater

	Sektor 30. Bergverk og råvare- industri		Sektor 45. Metallbearbeidingsindustri	
	$\Delta \bar{X}_t = \alpha_0 + \sum_{i=0}^3 \beta_i \rho_{t-i} +$ $\sum_{i=0}^3 \gamma_i \Delta_4 H_{t-i} + \sum_{i=0}^3 \delta_i \Delta_4 MI_{t-i}$		$\Delta \bar{X}_t = \alpha_0 + \sum_{i=0}^3 \beta_i \rho_{t-i} +$ $\sum_{i=0}^3 \gamma_i \Delta_4 (H_{t-i} + E_{t-i}) + \sum_{i=0}^3 \delta_i \Delta_4 MI_{t-i}$	
	Estimeringsmetode: Minste kvadraters metode med polynomiske lag-fordelinger. 1968.4 - 1978.4		Estimeringsmetode: Minste kvadraters metode med polynomiske lag-fordelinger. 1968.4 - 1978.4	
	Gj.sn. $\Delta \bar{X} = 36.00$	Gj.sn. $\bar{X} = 7258.93$	Gj.sn. $\Delta \bar{X} = 31.72$	Gj.sn. $\bar{X} = 4181.97$
$\alpha_0$	-48.23 (29.43)	-9.75 (17.07)	4.04 (11.35)	11.47 (11.14)
$\beta_0$	837.06 (505.96)	596.61 (458.27)	566.68 (268.99)	640.46 (281.06)
$\beta_1$	619.86 (272.78)	283.80 (176.19)	227.11 (108.07)	248.70 (141.74)
$\beta_2$	407.96 (345.90)	80.09 (294.14)	19.48 (156.90)	11.37 (182.47)
$\beta_3$	201.33 (284.49)	-14.51 (260.13)	-56.23 (138.18)	-71.53 (152.36)
$\gamma_0$	0.00267 (0.01816)	-	-	-0.00182 (0.00931)
$\gamma_1$	0.02305 (0.01500)	-	-	-0.00348 (0.00678)
$\gamma_2$	0.02940 (0.01680)	-	-	-0.00372 (0.00757)
$\gamma_3$	0.02171 (0.01253)	-	-	-0.00257 (0.00575)
$\delta_0$	2.0081 (2.6446)	0.4178 (2.3987)	0.1638 (1.2995)	-
$\delta_1$	4.5743 (1.1473)	3.4382 (0.9259)	0.8501 (0.4796)	-
$\delta_2$	5.0951 (1.3420)	4.3754 (1.2955)	1.0516 (0.7562)	-
$\delta_3$	3.5703 (1.1615)	3.2293 (1.1544)	0.7682 (0.6766)	-
$\Sigma \beta_i$	2066.20 (909.27)	945.99 (587.29)	757.04 (360.23)	829.00 (472.48)
$\Sigma \gamma_i$	0.077 (0.050)	-	-	-0.012 (0.023)
$\Sigma \delta_i$	15.248 (3.824)	11.461 (3.086)	2.834 (1.599)	-
$\sigma_u$	25.12	25.49	20.45	21.29
Polynomgrad	2	2	2	2
Halerestr.	Ja	Ja	Ja	Ja
D.W.	0.34	0.22	0.28	0.28
B.P.(4)	42.82	59.69	75.72	74.59
B.P.(8)	58.63	70.81	97.37	103.58
B.P.(12)	59.22	70.95	98.91	111.17

På den annen side har etterspørselsvariasjoner svak effekt på kapasitetsendringen. Det gjelder spesielt den etterspørsel som fanges opp av nasjonalregnskapsvariablene  $H_t$  og  $E_t$ .<sup>36</sup> I sektor 30, hvor virkningen er sterkest, kommer den langsiktige effekt av hjemmemarkedsetterspørselen ikke ut med et høyere estimat enn  $0.077 \times 4 = 0.31$ , regnet på kvartalsbasis. Eksportmarkedsindikatoren MI har positiv effekt i samtlige sektorer, størst i sektorene 30 og 45. I disse er koeffisientene også signifikant positive.

Som helhet er det i sektor 30 Bergverk og råvareindustri at estimerings- og testresultatene best stemmer overens med a priori antagelser, mens sektor 15 Næringsmiddel- og bekledningsindustri kommer klart dårligst ut.

Et relevant spørsmål i forbindelse med den dynamiske spesifikasjon er om vi ikke burde ha åpnet for lengre reaksjonsforsinkelser ("lag") i tilpasningen. Vår grunnhypotese er jo, som poengtert innledningsvis, at kapasitetsutbyggingsbeslutningene skjer under et forholdsvis langt tidsperspektiv. Det som i første rekke har avholdt fra å forsøke med lengre lag-fordelinger - i de estimerte ligningene er ingen variable tilbakedatert mer enn 7 kvartaler - er at vi da ville tape et relativt sett betydelig antall frihetsgrader ved estimeringen. Denne innvendingen vil kunne falle bort når de kvartalsvise nasjonalregnskaper blir ajourført og vi får lengre tidsserier til disposisjon.

### 7.3. Ligningene for tilpasning av kapitalkoeffisienter. Trinnsvis estimering

Ligningene for tilpasning av kapitalkoeffisientene, utledet og begrunnet i underavsnittene 4.2 og 4.3, er økonometrisk sett en relativt komplisert modellblokk. Dette skyldes primært at koeffisientene i CES-elementet i produktfunksjonen, dvs.  $\beta$  og  $\sigma$ , inngår på en utpreget ikke-lineær måte; de opptrer som ikke-lineære parametre i den duale enhetsomkostningsfunksjon (4.14). Simultan estimering av hele modellen ville i prinsippet være mulig, men i praksis ville vi antagelig møte betydelige beregningsmessige problemer. Vi har i stedet valgt en enklere, trinnsvis estimeringsprosedyre med følgende trinn:

- (i) estimering av  $\beta$  med utgangspunkt i (4.17) og (4.18),
- (ii) estimering av  $\sigma$  og  $\eta_B$  ved hjelp av (4.26), og til slutt
- (iii) estimering av de øvrige parametre på basis av (4.25), med  $\beta$  og  $\sigma$  satt lik sine estimater fra trinn (i) og (ii).

Vi vil nå gjennomgå disse trinnene.

#### Estimering av $\beta$

Fra (4.2), (4.3), (4.17) og (4.18) kan vi avlede

$$(7.2) \quad \frac{K_B}{K_B + K_M} = \frac{\beta}{\beta + (1-\beta)(c_M/c_B)^{-\sigma}}$$

Vi ser av denne ligningen at hvis vi hadde innrettet oss slik at de to brukerprisene begge antok verdien 1 i det år som er basisåret for modellens kvantumsvariable og hvis det ikke var stokastiske feilelementer i tilpasningen, ville vi kunne bruke bygningskapitalens andel av totalkapitalen i basisåret som anslag for  $\beta$ . Det samme ville for øvrig gjelde dersom  $\sigma = 0$ ; da ville andelen - igjen bortsett fra de tilfeldige feil - være lik  $\beta$  i samtlige kvartaler.<sup>37</sup>

Ingen av disse forutsetninger er eksakt oppfylt; det er investeringsprisene  $q_B$  og  $q_M$ , ikke brukerprisene  $c_B$  og  $c_M$ , som er normert til én i basisåret. Nå viser det seg, som vi skal se nedenfor,

at substitusjonselastisitetene kommer ut med meget lave (men dog positive) estimater, stort sett lavere enn 0.2, og brukerprisforholdet  $c_M/c_B$  ligger i intervallet 1.5-2.0. Siden  $2^{-0.2} \approx 0.87$ , begår vi derfor neppe noen alvorlig feil om vi setter nevneren i (7.2) tilnærmet lik 1 og estimerer  $\beta$  som gjennomsnittet av bygningskapitalens andel av totalkapitalen over observasjonsperioden. Resultatet basert på denne enkle estimatoren er gitt i tabell 6.

Tabell 6. Estimater for fordelingsparameteren  $\beta$  beregnet ved  $\beta = \text{gj.sn.} \left( \frac{K_B}{K_B + K_M} \right)$   
Estimeringsperiode: 1967.1 - 1978.4

Sektor	$\hat{\beta}$
15. Næringsmiddel- og bekleidningsindustri	0.5305
25. Trevareindustri, grafisk industri mv.	0.4713
30. Bergverk og råvareindustri	0.5187
45. Metallbearbeidingsindustri	0.5658

#### Estimering av $\sigma$ og $\eta_B$

Neste trinn består i å estimere substitusjonselastisiteten  $\sigma$  og treghetsparameteren  $\eta_B$  i ligningen for tilpasning av bygningskapital, (4.26). Estimeringsresultater, basert på (ikke-lineær) minste kvadraters metode, er gjengitt i tabell 7. Flere spesifikasjoner er undersøkt, dels med og dels uten konstantledd og sesongledd, og med forskjellige utforminger av lag-fordelingen for prisforholdet,  $\mu(L)$  (jf. tabellens fotnote c).

Estimatene for substitusjonselastisiteten mellom bygningskapital og maskinkapital,  $\sigma$ , er lave, men systematisk positive i samtlige varianter, med et par unntagelser for sektor 30 Bergverk og råvareindustri. Dette tolker vi som en støtte til vår a priori antagelse om at det er muligheter for substitusjon mellom de to kapitalartene på lang sikt.<sup>38</sup>

Vi finner videre at estimatene for  $\eta_B$  er lave i samtlige sektorer unntatt 30 Bergverk og råvareindustri. Dette indikerer forholdsvis liten treghet i tilpasningen av forholdet mellom bygnings- og maskinkapital til endrede brukerpriser. Durbin-Watson-observatoren har gjennomgående akseptable verdier. Hva angår føyningspresisjonen, målt med estimatet for det residuale standardavvik, finner vi at den jevnt over er god når den vurderes i relasjon til nivået av kapitalkoeffisientene, men er relativt dårlig sammenlignet med den gjennomsnittlige tilvekst i disse koeffisientene (se tabell 3). Det er den siste sammenligningen som er mest relevant for å bedømme modellens evne til å fange opp fluktuasjonene i investeringene, som jo er en tilvekstvariabel.

#### Estimering av $\alpha$ , $\eta_M$ og de øvrige koeffisienter

Tredje trinn gjelder estimeringen av ligningen til bestemmelse av kapitalkoeffisienten for maskiner, (4.25). Resultatene er gjengitt i tabell 8. Koeffisienten  $\beta$  er satt lik sitt estimat fra tabell 6, mens vi for  $\sigma$  har benyttet estimater fra tabell 6<sup>39</sup> og som alternativ verdi  $\sigma = 0$ . Estimatene i tabell 8 må følgelig tolkes som betinget med hensyn på disse verdiene av  $\beta$  og  $\sigma$ . Lagstrukturen til den relative brukerpris er den samme som vi benyttet i tabell 7, idet vår modellbeskrivelse innebærer at (4.25) og (4.26) har samme vekter i lag-fordelingen, representert ved polynomet  $\mu(L)$ .

Estimeringen ble gjennomført med forskjellige spesifikasjoner av lag-fordelingen til faktorprisforholdet, og vi ble stående ved et åtte kvartalers Almon-lag av tredje grad, med halerestriksjon. Ligningen er estimert både med og uten tilpasningstreghet ( $\eta_M$  fri,  $\eta_M = 0$ ) og med og uten binære sesongvariable.<sup>40</sup>

Tabell 7. Substitusjonsligning - ligning for tilpasning av forholdet mellom kapitalkoeffisientene for bygninger og maskiner<sup>a)</sup>

$$\Delta \log a_{Bt} = \Delta \log a_{Mt} + \eta_B (\Delta \log a_{Bt-1} - \Delta \log a_{Mt-1}) - \sigma(1-\eta_B)\mu(L)\Delta \log(c_{Bt}/c_{Mt}) + \tau + \text{sesong}$$

$$\mu(L) = \sum_i \mu_i L^i: \text{Lag-genereringspolynom}$$

Estimeringsmetode: Minste kvadraters metode

Estimeringsperiode: 1968.1-1978.4<sup>b)</sup>

Sektor	$\eta_B$	$\sigma$	$\tau \times 10^3$	Spes. av $\mu(L)^c$	Sesong-effekt	Resid. st.avvik	D.W.
15. Næringsmiddel- og bekleidningsindustri	-	0.0424 (0.0252)	-	A	Nei	0.005	1.37
	-	0.1227 (0.0743)	-	B	Nei	0.005	1.50
	0.1544 (0.1493)	0.1406 (0.0907)	-	B	Nei	0.005	1.85
	-	0.1609 (0.1001)	0.541 (0.943)	B	Nei	0.005	1.47
	0.3059 (0.1532)	0.0842 (0.1031)	-	B	Ja	0.004	1.71
	-	0.058 (0.077)	-	C	Nei	0.004	1.51
	-	0.119 (0.066)	-	D	Nei	0.005	1.48
25. Trevareindustri, grafisk industri mv.	-	0.0516 (0.0233)	-	A	Nei	0.004	1.72
	-	0.0602 (0.0711)	-	B	Nei	0.004	1.85
	0.0607 (0.1523)	0.0662 (0.0786)	-	B	Nei	0.005	1.98
	-	0.0238 (0.0963)	-0.517 (0.913)	B	Nei	0.005	1.92
	0.2473 (0.1548)	0.0171 (0.0898)	-	B	Ja	0.004	1.94
	-	0.038 (0.073)	-	C	Nei	0.004	1.80
	-	0.012 (0.061)	-	D	Nei	0.004	1.75
30. Bergverk og råvareindustri	-	0.0673 (0.0434)	-	A	Nei	0.008	0.60
	-	0.0603 (0.1238)	-	B	Nei	0.008	0.80
	0.5799 (0.1234)	0.1877 (0.2512)	-	B	Nei	0.006	2.39
	-	-0.0676 (0.1646)	-1.82 (1.55)	B	Nei	0.008	0.91
	0.7107 (0.1112)	0.0003 (0.3138)	-	B	Ja	0.005	2.17
	-	-0.033 (0.134)	-	C	Nei	0.008	0.70
	-	0.083 (0.113)	-	D	Nei	0.008	0.62

Tabell 7 (forts.). Substitusjonsligning - ligning for tilpasning av forholdet mellom kapitalkoeffisientene for bygninger og maskiner <sup>a)</sup>

Sektor	$\eta_B$	$\sigma$	$\tau \times 10^3$	Spes. av $\mu(L)^c$	Sesong-effekt	Resid. st.avvik	D.W.
45. Metallbearbeidings- industri	-	0.1656 (0.0401)	-	A	Nei	0.008	0.95
	-	0.5841 (0.1196)	-	B	Nei	0.007	1.30
	0.1616 (0.1305)	0.6263 (0.1480)	-	B	Nei	0.007	1.76
	-	0.3423 (0.1369)	-3.71 (1.25)	B	Nei	0.007	1.83
	0.3779 (0.1388)	0.5663 (0.1851)	-	B	Ja	0.007	2.06
	-	0.524 (0.132)	-	C	Nei	0.007	1.18
	-	0.420 (0.103)	-	D	Nei	0.007	1.15

a) Siden  $K_{Bt} = a_{Bt} \bar{x}_t$  og  $K_{Mt} = a_{Mt} \bar{x}_t$ , er denne ligningen ekvivalent med

$$\Delta \log K_{Bt} = \Delta \log K_{Mt} + \eta_B (\Delta \log K_{Bt-1} - \Delta \log K_{Mt-1}) - \sigma(1-\eta_B) \mu(L) \Delta \log(c_{Bt}/c_{Mt}) + \dots$$

b) For variantene A og D er estimeringsperioden 1967.2 - 1978.4.

c) A: Intet lag.

B: Lineær lag-fordeling:  $\mu_i = (8-i)/36$ ,  $i = 0, \dots, 7$ .

C: 8 kvartalers Almon-lag, 3. gradspolynom med halerestriksjon.  $\sum \mu_i = 1$ .

D: 4 kvartalers Almon-lag, 2. gradspolynom med halerestriksjon.  $\sum \mu_i = 1$ .



Hovedkonklusjonene er følgende:

(i) Estimaten for  $\eta_M$  er store for samtlige fire sektorer. Dette indikerer en betydelig treghet i tilpasningen av kapitalkoeffisientene for maskiner til det ønskede nivå; jf. (4.22). Siden justeringskoeffisientene for bygninger  $\eta_B$  er positiv (tabell 7), innebærer dette at det er enda større treghet i tilpasning av denne kapitaltypen.

(ii) De implisitte estimater for arbeidskraftens grenseelastisiteter i den underliggende langsiktige produktfunksjonen,  $\alpha = \sum \lambda_i$  (jf. (4.11)), er positive og mindre enn én i alle varianter og for samtlige sektorer. Dette er rimelig. Men jevnt over ligger de noe lavere enn de tilsvarende verdier estimert "fra arbeidskraftetterspørselssiden". (Se Stølen (1983, underavsnitt 4.1.2).) Og bare for sektor 15 Næringsmiddel- og bekledningsindustri er de signifikant positive (5 prosent nivå).

(iii) Føyningspresisjonen, målt ved det residuale standardavvik, reduseres til omtrent det halve når sesongvariable og tilpasningstregheter innføres i ligningene. Vi får da også redusert autokorrelasjonen i restleddsprosessen betydelig.

(iv) Estimaten for arbeidskraftens grenseelastisitet,  $\alpha$ , og føyningspresisjonen påvirkes lite av valget av verdi for substitusjonselastisiteten mellom bygningskapital og maskinkapital,  $\sigma$ .

#### 7.4. Alternativ behandling av produksjonskapasiteten. Supplerende resultater for maskiner

Den metode for måling av produksjonskapasitet som ligger til grunn for beregningene ovenfor, er langt fra ideell, og det kan være grunn til å se på alternative måter å behandle denne variabel på i investeringsligningene. Noen resultater fra et slikt forsøk, for artsgruppen maskiner, er presentert i tabell 9.

Istedenfor å betrakte produksjonskapasiteten som en observerbar variabel - tallfestet ved Wharton-metoden og forsøkt endogenisert som beskrevet i underavsnitt 7.2 - oppfatter vi den nå som **uobserverbar** og knytter den til faktisk produksjon via en lag-fordeling på følgende måte:

$$(7.3) \quad \Delta \log \bar{X}_t = \phi(L) \Delta \log X_t,$$

hvor  $X$  er faktisk bruttoproduksjon og  $\phi(L)$  et lag-genereringspolynom. Dette blir altså et alternativ til å bestemme  $X$  numerisk ved å legge trender gjennom toppunktene på (den sesongjusterte) kurven for  $X$ , som den Wharton-baserte beregningsmetode gjør (jf. underavsnitt 7.1). Vi kan si at vi "glatter"  $X$ -serien på en annen måte. Ved nå å sette

$$\Delta \log K_{Mt} = \Delta \log a_{Mt} + \Delta \log \bar{X} = \Delta \log a_{Mt} + \phi(L) \Delta \log X_t$$

og la  $\Delta \log a_{Mt}$  bli bestemt som tidligere, får vi en ligning som knytter den relative tilvekst i kapitalbeholdningen for maskiner til de relative tilvekster i prisforholdene  $w/c$  og  $c_M/c$  og bruttoproduksjonen  $X$ .

Vi får økonomisk sett lite meningsfulle resultater for sektorene 25 Trevareindustri, grafisk industri mv. og 30 Bergverk og råvareindustri - lavt estimat for  $\alpha$  for den første og negative estimater for noen av lagkoeffisienten  $\phi_i$  for den andre - men ikke urimelige resultater for de to øvrige sektorene. Fortsatt er der imidlertid problemer med autokorrelasjon i restleddet, og det er ingen nevneverdig forbedring av føyningspresisjonen. Alt i alt kan vi derfor ikke si at denne måten å behandle kapasitetskomponenten av investeringene på gir noen forbedring av resultatet sammenlignet med den opprinnelige.

Tabell 8. Ligning for tilpasning av kapitalkoeffisienten for maskiner

$$\Delta \log a_{Mt} = \eta_M \Delta \log a_{Mt-1} + (1-\eta_M) \sum_{i=0}^7 \lambda_i \Delta \log(w_{t-i}/c_{t-i})$$

$$- (1-\eta_M) \sigma \sum_{i=0}^7 (8-i)/36 * \Delta \log(c_{Mt-i}/c_{t-i})$$

$$+ \xi_1(d_{1t} - d_{4t}) + \xi_2(d_{2t} - d_{4t}) + \xi_3(d_{3t} - d_{4t})$$

Restriksjoner på  $\lambda_i$ : Polynomisk lag-fordeling (Almon-lag) med halerestriksjon.

Estimeringsmetode: (Ikke-lineær) minste kvadraters metode.

Estimeringsperiode: 1968.1 - 1978.4.

## Sektor 15. Næringsmiddel- og bekleddningsindustri

$\xi_1$	-	-	-0.0065 (0.0013)	-0.0651 (0.0133)
$\xi_2$	-	-	0.0003 (0.0012)	0.0003 (0.0012)
$\xi_3$	-	-	-0.0024 (0.0011)	-0.0024 (0.0011)
$\eta_M$	-	-	0.6484 (0.1132)	0.6536 (0.1132)
$\lambda_0$	0.039 (0.026)	0.036 (0.026)	0.128 (0.069)	0.130 (0.072)
$\lambda_1$	0.021 (0.018)	0.019 (0.018)	0.044 (0.033)	0.043 (0.034)
$\lambda_2$	0.019 (0.020)	0.016 (0.020)	0.010 (0.034)	0.007 (0.035)
$\lambda_3$	0.027 (0.018)	0.023 (0.018)	0.010 (0.033)	0.006 (0.034)
$\lambda_4$	0.038 (0.015)	0.034 (0.016)	0.030 (0.028)	0.025 (0.028)
$\lambda_5$	0.047 (0.017)	0.042 (0.017)	0.054 (0.030)	0.050 (0.031)
$\lambda_6$	0.048 (0.020)	0.044 (0.020)	0.067 (0.035)	0.064 (0.036)
$\lambda_7$	0.035 (0.016)	0.031 (0.016)	0.054 (0.029)	0.052 (0.030)
$\alpha = \sum_i \lambda_i$	0.074 (0.085)	0.245 (0.085)	0.399 (0.158)	0.377 (0.163)
$\sigma$	-	0.1406 <sup>a)</sup>	-	0.1406 <sup>a)</sup>
$\beta$	0.5305 <sup>b)</sup>	0.5305 <sup>b)</sup>	0.5305 <sup>b)</sup>	0.5305 <sup>b)</sup>
Resid. st.avvik	$6.61 \times 10^{-3}$	$6.56 \times 10^{-3}$	$3.99 \times 10^{-3}$	$4.00 \times 10^{-3}$
D.W.	1.47	1.43	1.97	1.97
B.P.(4)	15.28	15.70	4.31	4.42
B.P.(8)	21.05	20.80	6.36	6.45
B.P.(12)	33.97	32.97	8.58	8.65
Polynomgrad ( $\lambda_i$ )	3	3	3	3

a) Førstetrinnsestimat. Jf. tabell 7.

b) Førstetrinnsestimat. Jf. tabell 6.

Tabell 8 (forts.). Ligning for tilpasning av kapitalkoeffisienten for maskiner  
Sektor 25. Trevareindustri, grafisk industri mv.

$\varepsilon_1$	-	-	-0.0108 (0.0014)	-0.0107 (0.0014)	-0.0110 (0.0014)
$\varepsilon_2$	-	-	0.0032 (0.0012)	0.0032 (0.0012)	0.0035 (0.0012)
$\varepsilon_3$	-	-	-0.0014 (0.0011)	-0.0014 (0.0011)	-0.0014 (0.0011)
$\eta_M$	-	-	0.7879 (0.1008)	0.7854 (0.1010)	0.7997 (0.1007)
$\lambda_0$	0.052 (0.034)	0.050 (0.034)	0.115 (0.110)	0.113 (0.108)	0.098 (0.107)
$\lambda_1$	-0.002 (0.021)	-0.003 (0.021)	-0.021 (0.052)	-0.022 (0.052)	0.049 (0.053)
$\lambda_2$	-0.024 (0.023)	-0.025 (0.023)	-0.072 (0.066)	-0.072 (0.065)	-
$\lambda_3$	-0.024 (0.021)	-0.025 (0.021)	-0.063 (0.061)	-0.064 (0.060)	-
$\lambda_4$	-0.010 (0.018)	-0.012 (0.018)	-0.019 (0.047)	-0.021 (0.046)	-
$\lambda_5$	0.009 (0.020)	0.007 (0.021)	0.034 (0.051)	0.031 (0.050)	-
$\lambda_6$	0.023 (0.024)	0.021 (0.024)	0.072 (0.064)	0.069 (0.063)	-
$\lambda_7$	0.023 (0.019)	0.021 (0.019)	0.069 (0.055)	0.067 (0.054)	-
$\alpha = \sum_i \lambda_i$	0.046 (0.098)	0.033 (0.098)	0.115 (0.244)	0.101 (0.242)	0.147 (0.160)
$\sigma$	-	0.0662 <sup>a)</sup>	-	0.0662 <sup>a)</sup>	0.0662 <sup>a)</sup>
$\beta$	0.4713 <sup>b)</sup>	0.4713 <sup>b)</sup>	0.4713 <sup>b)</sup>	0.4713 <sup>b)</sup>	0.4713 <sup>b)</sup>
Resid. st.avvik	$7.94 \times 10^{-3}$	$7.89 \times 10^{-3}$	$4.09 \times 10^{-3}$	$4.09 \times 10^{-3}$	$4.09 \times 10^{-3}$
D.W.	1.23	1.22	2.07	2.06	2.01
B.P.(4)	29.79	29.91	1.20	1.19	1.21
B.P.(8)	43.15	43.27	6.54	6.57	7.43
B.P.(12)	48.93	49.01	8.11	8.14	9.74
Polynomgrad ( $\lambda_i$ )	3	3	3	3	1

a) Førstetrinnsestimat. Jf. tabell 7.

b) Førstetrinnsestimat. Jf. tabell 6.

Tabell 8 (forts.). Ligning for tilpasning av kapitalkoeffisienten for maskiner  
Sektor 30. Bergverk og råvareindustri

$\xi_1$	-	-	-0.0065 (0.0016)	-0.0064 (0.0016)	-0.0065 (0.0016)
$\xi_2$	-	-	0.0021 (0.0015)	0.0021 (0.0015)	0.0022 (0.0015)
$\xi_3$	-	-	-0.0025 (0.0015)	-0.0025 (0.0015)	-0.0024 (0.0015)
$\eta_M$	-	-	0.8835 (0.0765)	0.8806 (0.0758)	0.8778 (0.0751)
$\lambda_0$	0.021 (0.057)	0.017 (0.058)	0.202 (0.280)	0.193 (0.271)	0.178 (0.264)
$\lambda_1$	0.031 (0.033)	0.030 (0.033)	0.135 (0.155)	0.133 (0.151)	0.110 (0.139)
$\lambda_2$	0.031 (0.036)	0.030 (0.037)	0.066 (0.152)	0.065 (0.149)	0.058 (0.162)
$\lambda_3$	0.023 (0.033)	0.021 (0.033)	0.001 (0.139)	-0.001 (0.136)	0.021 (0.133)
$\lambda_4$	0.012 (0.028)	0.008 (0.028)	-0.052 (0.125)	-0.056 (0.122)	-
$\lambda_5$	0.001 (0.031)	-0.006 (0.032)	-0.086 (0.145)	-0.093 (0.142)	-
$\lambda_6$	-0.007 (0.037)	-0.014 (0.038)	-0.093 (0.166)	-0.102 (0.163)	-
$\lambda_7$	-0.009 (0.031)	-0.014 (0.031)	-0.067 (0.133)	-0.074 (0.131)	-
$\alpha = \sum_i \lambda_i$	0.104 (0.145)	0.072 (0.146)	0.107 (0.589)	0.066 (0.581)	0.368 (0.463)
$\sigma$	-	0.1877 <sup>a)</sup>	-	0.1877 <sup>a)</sup>	0.1877 <sup>a)</sup>
$\beta$	0.5187 <sup>b)</sup>	0.5187 <sup>b)</sup>	0.5187 <sup>b)</sup>	0.5187 <sup>b)</sup>	0.5187 <sup>b)</sup>
Resid. st.avvik	$12.1 \times 10^{-3}$	$12.1 \times 10^{-3}$	$5.73 \times 10^{-3}$	$5.72 \times 10^{-3}$	$5.68 \times 10^{-3}$
D.W.	0.41	0.39	2.41	2.40	2.40
B.P.(4)	95.45	96.47	5.09	5.13	5.04
B.P.(8)	127.62	127.34	7.45	7.51	7.42
B.P.(12)	130.72	129.97	9.45	9.47	9.56
Polynomgrad ( $\lambda_i$ )	3	3	3	3	2

a) Førstetrinnsestimat. Jf. tabell 7.

b) Førstetrinnsestimat. Jf. tabell 6.

Tabell 8 (forts.). Ligning for tilpasning av kapitalkoeffisienten for maskiner  
Sektor 45. Metallbearbeidingsindustri

$\xi_1$	-	-	-0.0092 (0.0035)	-0.0178 (0.0019)	-0.0176 (0.0019)
$\xi_2$	-	-	0.0011 (0.0036)	0.0093 (0.0020)	0.0092 (0.0020)
$\xi_3$	-	-	-0.0014 (0.0035)	-0.0024 (0.0018)	-0.0024 (0.0017)
$\eta_M$	-	-	-	0.8797 (0.0799)	0.8667 (0.0806)
$\lambda_0$	0.028 (0.061)	0.018 (0.060)	-0.008 (0.058)	-0.266 (0.312)	-0.256 (0.278)
$\lambda_1$	0.029 (0.046)	0.022 (0.045)	0.018 (0.041)	-0.024 (0.174)	-0.026 (0.157)
$\lambda_2$	0.034 (0.050)	0.026 (0.049)	0.036 (0.045)	0.105 (0.191)	0.094 (0.173)
$\lambda_3$	0.041 (0.045)	0.030 (0.043)	0.044 (0.041)	0.148 (0.181)	0.130 (0.163)
$\lambda_4$	0.046 (0.038)	0.032 (0.037)	0.046 (0.035)	0.132 (0.152)	0.110 (0.138)
$\lambda_5$	0.047 (0.042)	0.031 (0.041)	0.041 (0.038)	0.082 (0.157)	0.059 (0.142)
$\lambda_6$	0.042 (0.048)	0.026 (0.046)	0.031 (0.043)	0.026 (0.177)	0.006 (0.161)
$\lambda_7$	0.027 (0.038)	0.016 (0.037)	0.017 (0.034)	-0.010 (0.144)	-0.022 (0.131)
$\alpha = \sum_i \lambda_i$	0.295 (0.208)	0.201 (0.205)	0.226 (0.188)	0.193 (0.776)	0.096 (0.709)
$\sigma$	-	0.3423 <sup>a)</sup>	0.3423 <sup>a)</sup>	-	0.3423 <sup>b)</sup>
$\beta$	0.5658 <sup>b)</sup>	0.5658 <sup>b)</sup>	0.5658 <sup>b)</sup>	0.5658 <sup>b)</sup>	0.5658 <sup>b)</sup>
Resid. st.avvik	$14.9 \times 10^{-3}$	$14.4 \times 10^{-3}$	$13.2 \times 10^{-3}$	$6.62 \times 10^{-3}$	$6.56 \times 10^{-3}$
D.W.	0.83	0.78	0.25	2.54	2.51
B.P.(4)	35.94	39.93	69.04	10.35	10.02
B.P.(8)	46.07	50.49	77.89	15.70	15.27
B.P.(12)	51.43	55.52	80.79	17.80	17.37
Polynomgrad ( $\lambda_i$ )	3	3	3	3	3

a) Førstetrinnsestimat. Jf. tabell 7.

b) Førstetrinnsestimat. Jf. tabell 6.

Tabell 9. Alternativ ligning for maskinkapital. Produksjonskapasiteten representert ved en lag-fordeling over produksjonen

$$\Delta \log K_{Mt} = \alpha \sum_{i=0}^7 (8-i)/36 * \Delta \log(w_{t-i}/c_{t-i}) - \sigma \sum_{i=0}^7 (8-i)/36 * \Delta \log(c_{Mt-i}/c_{t-i}) \\ + \sum_{i=0}^7 \phi_i \Delta \log X_{t-i} + \xi_1(d_{1t} - d_{4t}) + \xi_2(d_{2t} - d_{3t}) + \xi_3(d_{3t} - d_{4t})$$

Restriksjoner på  $\phi_i$ : Polynomisk lag-fordeling (Almon-lag), 3.-gradspolynom med halerestriksjon.

Estimeringsmetode: Minste kvadraters metode.

Estimeringsperiode: 1968.1 - 1978.4.

	Sektor 15 <sup>c)</sup>		Sektor 25 <sup>c)</sup>		Sektor 30 <sup>c)</sup>		Sektor 45 <sup>c)</sup>	
$\xi_1$	-	-0.0040 (0.0017)	-	-0.0072 (0.0028)	-	-0.0006 (0.0031)	-	-0.0111 (0.0050)
$\xi_2$	-	-0.0023 (0.0016)	-	-0.0051 (0.0024)	-	0.0019 (0.0033)	-	-0.0073 (0.0042)
$\xi_3$	-	-0.0034 (0.0023)	-	-0.0005 (0.0051)	-	-0.0027 (0.0043)	-	0.0032 (0.0082)
$\phi_0$	0.095 (0.017)	0.053 (0.023)	0.079 (0.018)	0.059 (0.032)	0.037 (0.027)	0.019 (0.047)	0.096 (0.022)	0.074 (0.042)
$\phi_1$	0.115 (0.028)	0.113 (0.026)	0.060 (0.026)	0.116 (0.032)	-0.016 (0.025)	-0.023 (0.029)	0.054 (0.026)	0.121 (0.035)
$\phi_2$	0.132 (0.033)	0.154 (0.029)	0.065 (0.031)	0.149 (0.033)	-0.034 (0.029)	-0.034 (0.032)	0.059 (0.031)	0.150 (0.036)
$\phi_3$	0.142 (0.032)	0.176 (0.028)	0.085 (0.026)	0.161 (0.028)	-0.026 (0.026)	-0.024 (0.030)	0.092 (0.027)	0.163 (0.031)
$\phi_4$	0.143 (0.031)	0.180 (0.027)	0.107 (0.023)	0.155 (0.023)	-0.006 (0.022)	-0.003 (0.024)	0.133 (0.026)	0.161 (0.027)
$\phi_5$	0.132 (0.031)	0.164 (0.027)	0.121 (0.027)	0.132 (0.027)	0.018 (0.025)	0.020 (0.026)	0.164 (0.033)	0.143 (0.033)
$\phi_6$	0.106 (0.031)	0.129 (0.026)	0.115 (0.031)	0.097 (0.031)	0.034 (0.029)	0.035 (0.031)	0.164 (0.037)	0.110 (0.039)
$\phi_7$	0.063 (0.022)	0.074 (0.019)	0.078 (0.025)	0.052 (0.025)	0.032 (0.024)	0.031 (0.025)	0.117 (0.029)	0.062 (0.031)
$\sum_i \phi_i$	0.929 (0.182)	1.043 (0.153)	0.710 (0.135)	0.922 (0.121)	0.039 (0.131)	0.023 (0.139)	0.878 (0.161)	0.983 (0.143)
$\alpha$	0.1872 (0.0817)	0.1859 (0.0686)	0.1320 (0.1404)	-0.0627 (0.1235)	0.4416 (0.1286)	0.4454 (0.1343)	0.2417 (0.1940)	0.3584 (0.1753)
$\sigma$	0.1406 <sup>a)</sup>	0.1406 <sup>a)</sup>	0.0662 <sup>a)</sup>	0.0662 <sup>a)</sup>	0.1877 <sup>a)</sup>	0.1877 <sup>a)</sup>	0.3423 <sup>a)</sup>	0.3423 <sup>a)</sup>
$\beta$	0.5305 <sup>b)</sup>	0.5305 <sup>b)</sup>	0.4713 <sup>b)</sup>	0.4713 <sup>b)</sup>	0.5187 <sup>b)</sup>	0.5658 <sup>b)</sup>	0.5658 <sup>b)</sup>	0.5658 <sup>b)</sup>
Resid. st.avvik	6.44x10 <sup>-3</sup>	5.26x10 <sup>-3</sup>	9.94x10 <sup>-3</sup>	8.20x10 <sup>-3</sup>	10.8x10 <sup>-3</sup>	11.1x10 <sup>-3</sup>	14.0x10 <sup>-3</sup>	12.1x10 <sup>-3</sup>
D.W.	1.30	0.71	0.99	0.40	0.37	0.31	0.85	0.45
B.P.(4)	6.24	15.23	13.82	51.62	70.95	75.17	15.75	54.45
B.P.(8)	18.57	18.38	14.16	55.14	101.27	107.58	18.42	65.06
B.P.(12)	23.17	21.87	26.21	75.03	103.13	109.84	24.22	66.23

a) Førstetrinnsestimat. Jf. tabell 7.

b) Førstetrinnsestimat. Jf. tabell 6.

c) Sektorbetegnelse er forklart i tabell 8.

### 7.5. Konklusjon

Det er ikke særlig originalt å avslutte en rapport om en empirisk undersøkelse med å påpeke at det trengs mer forskning innenfor feltet. Vi finner likevel grunn til å gjøre det her. Spesielt vil vi fremheve tre områder hvor større innsats synes påkrevet.

For det første er det et påtrengende behov for bedre empirisk informasjon om bedriftenes **produksjonskapasitet** og **kapasitetsutnyttelse**. Indirekte mål, for eksempel basert på glatting av observerte serier for produksjon, kan bare i meget begrenset grad løse de problemer en står overfor ved behandling av kapitalakkumulasjon i en korttidsmodell. Gode indikatorer for kapasitet og kapasitetsutnyttelse er selvsagt også en viktig del av datagrunnlaget for andre deler av en korttidsmodell som KVARTS, for eksempel relasjonene som beskriver pris- og lønnsdannelsen.

For det annet bør **utrangering av kapitalutstyr** ofres større oppmerksomhet. Depresieringen representerer en betydelig del av industriens bruttoinvesteringer. Spesielt for kortsiktige analyser, kan en mekanistisk behandling av denne komponenten - basert på en antagelse om et stabilt utrangeringsmønster, slik det i dag gjøres i det norske nasjonalregnskapet - være problematisk når vi vet at mange bedrifter tar kapital ut av bruk som følge av økonomiske overveielser lenge før den er "fysisk utslitt". Også her er det et stort udekket behov for empirisk informasjon.

For det tredje vil vi fremheve viktigheten av en mer systematisk analyse av residualer fra de estimerte ligningene - for eksempel ved bruk av metoder fra statistisk tidsserieanalyse - enn det er blitt anledning til i denne undersøkelsen. Dette kan dels gi lærdom om svakheter ved den dynamiske spesifisering av ligningssystemet og dels gi holdepunkter for hvordan en kan utnytte informasjonsinnholdet i residualer fra modellsimuleringer til å forbedre modellen som potensielt verktøy for utarbeidelse av prognoser. Som vi har sett, er føyingspresisjonen i en del tilfeller ikke spesielt god, selv om koeffisientestimaterne - bedømt ut fra økonomisk-teoretiske overveielser - virker rimelige.

## FOTNOTER

1. Dette gjelder for øvrig ikke bare beholdninger av fast realkapital, men også lagerbeholdninger; jf. Biørn (1985a).
2. Se Biørn (1984). Dette skyldes blant annet at det bare er to måter bedriftene kan bli av med brukt realkapital på: fysisk slitasje (eksogen depresiering) og økonomiske beslutninger om utrangering av årganger som ikke lenger gir regningssvarende produksjon, for eksempel fordi overskuddet ikke dekker utgiftene til de variable produksjonsfaktorer (endogen depresiering). Kapitalintensiteten, dvs. kapitalmengden pr. enhet produksjon, kan da ikke endres på annen måte enn ved endogen depresiering og nyinvestering.
3. Bischoff (1971) er eksempel på en analyse av investeringsadferd for en aggregert sektor basert på putty-clay-forutsetningen - om enn i sterkt modifisert form.
4. For en nærmere diskusjon av dette, se Biørn og Johansen (1979), avsnitt 2.4 og 4.3.2. Jevnfør også Biørn, Jensen og Reymert (1985), avsnitt 3.1 og tabell A.3.
5. Denne siste forutsetningen om kapitalinnsatsen benyttes for øvrig i den langsiktige flersektorvekstmodellen MSG. I vårt tilfelle ville den svare til å sette  $X = F(L, K)$  og  $K = K_B + K_M$  og pålegge restriksjonen  $K_B = \beta K$ , hvor  $\beta$  er en positiv konstant.
6. Hvor stor forskjellen mellom disse to angrepsmåtene i praksis ville bli, avhenger av hvilke funksjonsformer som velges. Er eksempelvis funksjonene både på øvre og nedre nivå spesifisert som Cobb-Douglas-funksjoner, blir de to formuleringene empirisk sett ekvivalente, da den sammensatte produktfunksjonen i begge tilfelle blir en tre-faktor Cobb-Douglas-funksjon.
7. Vi går ikke nærmere inn på de spesifikke problemer som fikseringen av profittmaksimum, med langsiktige produktfunksjoner som er homogene av grad én, ville reise.
8. En nærmere utdyping av arten av disse problemene er gitt i Amundsen og Biørn (1975, s. 218-219) og Biørn (1979, s.57).
9. Jf. diskusjonen av putty-clay-modellen i avsnitt 2. Se også Biørn (1984a, avsnitt 4 og 5). Det er imidlertid klart at treghtetsligninger av typen (3.3) bare vil kunne gi en meget grov tilnærming til den kortsiktige kapasitetstilpasning som finner sted i en putty-clay-modell - eller i andre, mer generelle, årgangsmodeller, for den saks skyld.
10. Hvis vi tenker oss at restleddet i (3.1) ikke er autokorrelert og at "førstedifferensiering" av (3.3) eliminerer mulig autokorrelasjon i restleddet i denne ligningen, vil restleddet i den avledede ligning (3.4) også være uten autokorrelasjon. Er derimot forutsetningen brutt i minst ett av tilfellene, vil restleddsprosessen i (3.4) ikke ha denne gunstige egenskapen. En formell testning av dette vil bli gjennomført i underavsnitt 7.2.
11. En generell fremstilling er gitt i McFadden (1978, Part I).
12. Det er lett å vise at verdien av H er lik verdien av Lagrange-multiplikatoren tilordnet bibetingelsen  $G(K_B, K_M) = 1$  i minimumspunktet.
13. Shephard (1953).
14. Verdien av M er lik verdien av Lagrange-multiplikatoren tilordnet bibetingelsen  $F(L, K) = 1$  i minimumspunktet.
15. Da ville det selvsagt bli nødvendig å representere også den duale enhetsomkostningsfunksjon (4.1) på relativ tilvekstform.
16. Dette kan være tvilsomt, jf. Johansen (1972, kapittel 4). For øvrig er det uløste økonometriske problemer forbundet med å operere med putty-clay-spesifikasjonen når mer enn én kapitalart med stivhet i faktorforholdene ex post er involvert.
17. Det er en slik differensieringsteknikk som benyttes i rene tidsseriemodeller av ARIMA-typen. Se f.eks. Pindyck og Rubinfeld (1976, kapittel 18). Tester av autokorrelasjonsforholdene i restleddsprosessen vil bli presentert i underavsnitt 7.3.
18. Dette er et hovedpoeng i blant annet Feldstein og Rothschild (1974). Se også Moene (1983) og Biørn (1984a).



19. Beregningsopplegget er dokumentert i Skagseth (1982).
20. Et relevant spørsmål er nå om  $K_t$  beregnet ved (5.1) kan sies å representere kapitalens "kapasitetsdimensjon" eller dens "formuesdimensjon". Eller sagt på en annen måte: Bør  $K_t$  og  $D_t$  tolkes som bruttokapital og utrangering eller som nettokapital og depresiering? Se Biørn (1983) og Biørn, Holmøy og Olsen (1985) for en nærmere presisering og diskusjon av disse begrepene. Det er meget som taler for å tolke nasjonalregnskapsvariablene beregnet ved (5.1) og (5.2) som nettokapital og depresiering og anta at det til grunn for disse relasjonene ligger en hypotese om at investeringene beholder hele sin produktive evne i  $N$  år, da kapitalen utrangeres i sin helhet - altså lineær depresiering over  $N$  år, momentan utrangering etter  $N$  år. Svaret på spørsmålene ovenfor er at vi i første versjon av KVAKTS - som i årsmodellene MODIS, MIDAG og MSG - ikke har gjort dette skillet eksplisitt. Men dette er en unnlatesessynd, fordi en i en makroøkonomisk modell som dekker både produksjon og inntekstdannelse, egentlig vil trenge begge kapitalens "dimensjoner". I tråd med denne forenklingen vil vi i det følgende bruke uttrykkene utrangering, depresiering og kapitalslit om hverandre. Men den anvendelse vi gjør av variablene  $K$  og  $D$  - sett i sammenheng med at vi tolker  $\bar{X}$  som (øyeblikkelig) "produksjonskapasitet" og  $a_B$  og  $a_M$  som kapitalkoeffisienter (jf. (2.5) og (2.6)) - innebærer strengt tatt at de bør tolkes som bruttokapital og utrangering. Derimot er nettokapitalen det relevante kapitalmål i formelen for kapitalrentabiliteten, (3.2). Empiriske beregninger som illustrerer denne distinksjonen, er gjengitt i Biørn, Holmøy og Olsen (1985, avsnitt 5).
21. I de tilbakegående nasjonalregnskaper foreligger bare årsserier for kapitalbeholdning og kapitalslit.
22. Disse ligningene vil ikke alltid nødvendigvis være eksakt oppfylt i grunnlagsdataene. Feil ved kjedingen av fastpristallene er én grunn til dette. Vi antar at vi ved prejustering av kapitalseriene har sikret oss at (5.3) gjelder eksakt.
23. Formelt sett betyr dette at vi "kutter av" lag-fordelingen" etter 5 kvartaler. En nærmere og mer generell diskusjon av denne approksimasjonsmetoden er gitt i Biørn (1982). Formlene (5.9)-(5.12) svarer til å sette  $n=5$  og  $b_s = 1/(4N)$  i ligning (32) i appendiks til dette notatet.
24. La generelt  $X_t$  betegne størrelsen av en kvantumsvariabel  $X$  i år  $t$  og  $X_{it}$  den tilsvarende verdi i kvartal  $i$  i år  $t$  ( $i=1,2,3,4$ ). Vi setter  $X_{it}$  lik fjerdedelen av årstallet  $X_t$  pluss et korreksjonsledd som er proporsjonalt med veksten i  $X$  fra år  $t$  til år  $t+1$ . Vi krever (i) at korreksjonsleddet skal være lineært i kvartalets nummer,  $i$ , og (ii) at summen av korreksjonsleddene over de enkelte kvartaler skal være lik null. Dette oppnår vi ved å sette

$$(1) \quad X_{it} = \frac{1}{4}X_t + (i - \frac{5}{2})k(X_{t+1} - X_t) \quad (i=1, \dots, 4),$$

som innebærer at

$$(2) \quad \sum_{i=1}^4 X_{it} = X_t$$

uansett verdien av konstanten  $k$ .

Vi bestemmer  $k$  slik at tallserien ikke viser "brudd" fra 4. kvartal i år  $t$  til 1. kvartal i år  $t+1$ . Dette presiserer vi på følgende måte: Hvis  $X$  utvikler seg lineært, skal også kvartals-tallene for  $X$  vokse lineært.

$$(3) \quad \text{Anta} \quad X_t = a + bt \quad (t=1, 2, \dots).$$

Av (1) og (3) følger

$$(4) \quad X_{it} = \frac{a}{4} + \frac{b}{4}t + (i - \frac{5}{2})kb,$$

$$(5) \quad X_{i,t+1} = \frac{a}{4} + \frac{b}{4} + \frac{b}{4}t + (i - \frac{5}{2})kb,$$

som igjen innebærer

$$(6) \quad X_{it} - X_{i-1,t} = kb \quad (i=2, 3, 4),$$

$$(7) \quad X_{1,t+1} - X_{4t} = \frac{b}{4} - 3kb.$$

Vi krever at uttrykkene på høyre side av (6) og (7) skal være like. Dette gir

$$k = \frac{1}{16}.$$

Hvis vi kan forutsette at (3) holder som en brukbar tilnærming over det aktuelle variasjonsområde, blir beregningsformelen for kvartalstallene altså

$$\begin{aligned} (8) \quad X_{it} &= \frac{1}{4} X_t + \frac{1}{16} (i - \frac{5}{2})b \\ &= \frac{1}{4} X_t + \frac{1}{16} (i - \frac{5}{2}) (X_{t+1} - X_t) \\ &= \frac{1}{4} X_t + \frac{1}{16} (i - \frac{5}{2}) (X_t - X_{t-1}). \end{aligned}$$

Ved praktiske anvendelser kan det være aktuelt å bruke årstilveksten regnet forover for 3. og 4. kvartal og årstilveksten regnet bakover for 1. og 2. kvartal. Det er denne fremgangsmåte vi har lagt til grunn ved beregning av  $D_{1,t-1}^*$ ,  $D_{2,t-1}^*$  og  $D_{3,t-1}^*$ .

25. Jf. Skagseth (1982).

26. For første observasjonsår for bruttoinvesteringene, år 1, kan denne metoden ikke uten videre brukes. Her har vi valgt å basere oss på de serier som direkte følger ved lineær glatting av års-seriene, altså sette (jf. formel (8) i fotnote 24)

$$D_{11} = \frac{3}{32}D_0 + \frac{5}{32}D_1,$$

$$D_{21} = \frac{1}{32}D_0 + \frac{7}{32}D_1,$$

$$D_{31} = \frac{7}{32}D_1 + \frac{1}{32}D_2,$$

$$D_{41} = D_1 - D_{11} - D_{21} - D_{31} = -\frac{4}{32}D_0 + \frac{13}{32}D_1 - \frac{1}{32}D_2.$$

27. Hvis konstant depresieringsrate skal gjelde uansett tidsutviklingen for investeringene og aldersfordelingen av kapitalen, vil overlevelseskurven måtte avta som en geometrisk rekke (jfr. f.eks. Biørn (1982, avsnitt 3)). I Biørn (1985b) er det vist at approksimasjonsformler basert på konstant depresieringsrate vil kunne lede til meget unøyaktige resultater dersom den faktiske overlevelsesprofil er en annen.

28. Som i avsnitt 5, skjelner vi heller ikke her mellom kapasitetsdimensjonen og formuesdimensjon av kapitalbegrepet, dvs. mellom depresiering og utrangering, (jf. fotnote 20).

29. Spørsmålet om skattekorrigeringsrenten må sees i sammenheng med hvordan renteutgiftene på bedriftenes kapital er behandlet ved definisjon av kontantstrømmen. Jf. Biørn (1984b).

30. Metoden er dokumentert i Lesteberg (1979). En nærmere beskrivelse av hvordan den er anvendt på kvartalsvise nasjonalregnskapsdata for KVARTS-sektorer er gitt i: "KVARTS-modellen. Dokumentasjon av beregningsopplegg og beregninger av kapasitetsutnyttingsindekser til bruk i KVARTS" (OKY/KJe, 4/3-82), arbeidsnotat fra KVARTS-prosjektet.

31. Nivået av tallseriene avspeiler selvsagt at kapitalkoeffisientene refererer seg til bruttoproduksjon, ikke til bruttoprodukt. Det siste er en mer vanlig definisjon.

32. Definert som summen av anvendelsene av hovedvaren til vareinnsats, privat konsum og investering minus import.

33. Definisjonen av og beregningsopplegget for disse markedsindikatorerne er dokumentert i Tveitereid og Lædre (1981).

34. Høyere ordens autokorrelasjon er testet ved hjelp av Box-Pierce-tester. Observatoren for testing av  $i$ -te ordens autokorrelasjon er betegnet som  $B.P.(i)$  i tabellene. Den er tilnærmet  $\chi^2$  - fordelt med  $i$  frihetsgrader under nullhypotesen om fravær av autokorrelasjon. Se Pierce (1971).
35. Signifikantsgraden er dog usikker på grunn av den klare positive autokorrelasjon i restleddene i disse ligningene.
36. Ved vurdering av størrelsen av koeffisientene må man her ta i betraktning at tilvekstene i regressorvariablene er uttrykt som årstilvekster. De tilsvarende tilvekster regnet på kvartalsbasis oppnås følgelig ved å multiplisere koeffisientestimatene med 4.
37. Dette svarer til tilfellet med limitasjonslov i kapitaltilpasningen; jf. fotnote 5.
38. Sett i lys av klassisk teori for statistisk inferens vil noen lesere kanskje reagere på dette utsagnet, ettersom en del av de tilhørende  $t$ -verdier er nokså lave, mange i intervallet 0.5-1. Det kan imidlertid reises spørsmål om klassisk hypotesetesting er et velegnet utgangspunkt for modellseleksjon ved økonometrisk modellbygging basert på korte tidsserier. I en diskusjon av hypotesetesting som prosedyre for modellsøking konkluderer således Edward Leamer med følgende: "Classical hypothesis testing at a fixed level of significance increasingly distorts the interpretation of the data against a null hypothesis as the sample size grows. **The significance level should consequently be a decreasing function of sample size.** ..... The existence of prior information about the parameters influences hypothesis testing in the sense that a hypothesis is to be judged at a priori likely values of the parameters as well as at those values favored by the data". (Leamer (1978, s. 114-115.)
39. For sektor 45 har vi valgt estimatet fra alternativ 4, for de tre øvrige sektorer estimatene fra alternativ 3, som vi etter en samlet vurdering finner mest tilfredsstillende.
40.  $d_{it}$  er binærvariabel for  $i$ -te kvartal. Siden den bakenforliggende ligning ikke har konstantledd, har vi latt disse variable opptre i form av differanser. Dermed blir sesongeffekten null "i gjennomsnitt".

## LITTERATURREFERANSER

- Amundsen, A. og E. Biørn (1975): **Investeringsanalyse innenfor rammen av norske makroøkonomiske modeller - noen synspunkter på modellopplegg.** I **Nasjonalregnskap, modeller og analyse. En artikkelsamling til Odd Aukrusts 60-årsdag.** Samfunnsøkonomiske studier nr. 26, pp. 209-229. (Oslo: Statistisk Sentralbyrå, 1975.)
- Bischoff, C.W. (1971): **The Effect of Alternative Lag Distributions.** I G. Fromm (red.): **Tax Incentives and Capital Spending.** (Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1971.)
- Biørn, E. (1979): **Analyse av investeringsatferd: problemer, metoder og resultater.** Samfunnsøkonomiske studier nr. 38. (Oslo: Statistisk Sentralbyrå, 1979.)
- Biørn, E. (1982): **Approximative Calculation of Depreciation Rates and Depreciation Functions for Short and Medium Term Models.** Upublisert stensilnotat, juni 1982.
- Biørn, E. (1983): **Gross Capital, Net Capital Service Price, and Depreciation.** A Framework for Empirical Analysis. Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå nr. 83/27. (Oslo: Statistisk Sentralbyrå, 1983.)
- Biørn, E. (1984a): **Investeringsadferd i en putty-clay-modell.** Upublisert stensilnotat, februar 1984.
- Biørn, E. (1984b): **Inflation, Depreciation and the Neutrality of the Corporate Income Tax.** *Scandinavian Journal of Economics*, 86 (1984), 214-228.
- Biørn, E. (1985a): **Produksjonstilpasning og lageradferd i industri - en analyse av kvartalsdata.** Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå, nr. 85/25. (Oslo: Statistisk Sentralbyrå, 1985.)
- Biørn, E. (1985b): **Depreciation Profiles and the User Cost of Capital.** Notat presentert på European Meeting of the Econometric Society, Pisa, 29. august - 2. september 1983. Discussion Paper no. 6, Statistisk Sentralbyrå, april 1985.
- Biørn, E. og H.E. Fosby (1980): **Kvartalsserier for brukerpriser på realkapital i norske produksjonssektorer.** Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå nr. 80/3 (Oslo: Statistisk Sentralbyrå, 1980.)
- Biørn, E., Holmøy, E. og Olsen, Ø. (1985): **Gross and Net Capital, Productivity, and the Form of the Survival Function - Some Norwegian Evidence.** Notat presentert på Econometric Society 5th World Congress, M.I.T., Cambridge, Massachusetts, 17. - 24. august 1985. Discussion Paper no. 11, Statistisk Sentralbyrå, mai 1985.
- Biørn, E., Jensen, M. og Reymert, M. (1985): **KVARTS - A Quarterly Model of the Norwegian Economy.** Notat presentert på LINK-møte, Stanford University, 27. - 31. august 1984. Discussion Paper no. 13, Statistisk Sentralbyrå, juli 1985.
- Biørn, E. og P.R. Johansen (1979) (red.): **Aggregert inndeling av produksjonssektorer, import og sluttleveringer for korttidsanalyser.** Presentasjon av nasjonalregnskapsdata for årene 1970-1976. Arbeidsnotater fra Statistisk Sentralbyrå IO 79/8.
- Feldstein, M.S. og M. Rothschild (1974): **Towards an Economic Theory of Replacement Investment.** *Econometrica*, 42 (1974), 393-423.
- Fuss, M.A. (1977): **The Structure of Technology over Time: A Model for Testing the "Putty-Clay" Hypothesis.** *Econometrica*, 45 (1977), 1797-1821.
- Johansen, L. (1972): **Production Functions.** (Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1972.)
- Leamer, E.E. (1978): **Specification Searches. Ad Hoc Inference With Nonexperimental Data.** (New York: John Wiley & Sons, 1978.)
- Lesteberg, H. (1979): **Kapasitetsutnyttning i norsk industri.** Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå nr. 79/28. (Oslo: Statistisk Sentralbyrå, 1979.)
- Malinvaud, E. (1982): **Wages and Unemployment.** *Economic Journal*, 92 (1982), 1-12.
- McFadden, D. (1978): **Cost, Revenue, and Profit Functions.** I M. Fuss og D. McFadden (red.): **Production Economics; A Dual Approach to Theory and Applications, vol. I,** pp. 3-109. (Amsterdam: North-Holland Publishing Company, 1978.)
- Moene, K. O. (1983): **On the Scrapping Behavior of Firms.** Stanford Workshop on Factor Markets, Research Paper no. 39. Stanford University, California.
- Pierce, D.A. (1971): **Distribution of Residual Autocorrelations in the Regression Model with Autoregressive - Moving Average Errors.** *Journal of the Royal Statistical Society. Series B*, 33 (1979), 140-146.
- Pindyck, R.S. og D.L. Rubinfeld (1976): **Econometric Models and Econometric Forecasts.** (Tokyo: McGraw Hill Book Company, 1976.)
- Shephard, R.W. (1953): **Cost and Production Functions.** (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1953.)
- Skagseth, P. (1982): **Det norske nasjonalregnskapet. Dokumentasjonsnotat nr. 12. Beregning av investering, realkapital og kapitalslit.** Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå nr. 82/16. (Oslo: Statistisk Sentralbyrå, 1982.)
- Stølen, N.M. (1983): **Etterspørsel etter arbeidskraft i norske industrinæringer.** Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå nr. 83/29. (Oslo: Statistisk Sentralbyrå, 1983.)
- Tveitereid, S. og J. Lædre (1981): **Markedsindikatorer for norsk eksport.** Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå nr. 81/35. (Oslo: Statistisk Sentralbyrå, 1981.)

Trykt 1984

- Nr. 84/1 Naturressurser og miljø 1983 Foreløpige nøkkeltall fra ressursregnskapene for energi, mineraler, skog, fisk og areal Sidetall 100 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-1993-0
- 84/2 Torstein Bye: Energisubstitusjon i næringssektorene i en makromodell Sidetall 47 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2042-4
- 84/3 Trygdedes inntekts- og boforhold 1980 Sidetall 89 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2040-8
- 84/4 Jon Åge Vestøl: Kommunale avfallsbehandlingsanlegg Miljøstandard Sidetall 78 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2062-9
- 84/5 Bjørg Moen: Bibliography of Population Studies in Norway Bibliografi over befolkningsstudier i Norge Sidetall 114 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2045-9
- 84/6 Grete Dahl: Folketrygden. Korttidsytelser og stønad ved yrkesskade Sidetall 26 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2069-6
- 84/7 Tiril Vogt: Social Indicators and Environmental Dimensions Sidetall 33 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2060-2
- 84/8 Otto Carlsen: Pasientstatistikk 1982 Statistikk fra Det økonomiske og medisinske informasjonssystem Sidetall 61 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2066-1
- 84/9 Herdis Thorén Amundsen: Statistiske metoder for analyse av samvariasjon i kategoriske data Sidetall 228 Pris kr 24,00 ISBN 82-537-2074-2
- 84/10 Audun Rosland: Vannkraftutbygging - Reguleringsinngrep - Virkninger på fisk Sidetall 127 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2102-1
- 84/11 Skatter og overføringer til private Historisk oversikt over satser mv. årene 1970 - 1984 Sidetall 75 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2081-5
- 84/12 Arne Faye og Helge Herigstad: Friluftsliv i Norge 1970 - 1982 Sidetall 77 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2092-0
- 84/13 Jon Paschen Knudsen: Boligstandard Variasjoner innen og mellom byer Sidetall 66 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2088-2
- 84/14 Erling Siring og Emil Spjøtvoll: Regresjonsanalyse med et stort antall variable Sidetall 55 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2122-6
- 84/15 Sindre Børke: Folke- og bolig telling 1980 Dokumentasjon Sidetall 211 Pris kr 24,00 ISBN 82-537-2112-9
- 84/16 Stein Opdahl: Aleneforeldres levekår og tidsbruk Sidetall 188 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2127-7
- 84/17 Alette Schreiner og Tor Skoglund: Virkninger av oljevirkosomhet i Nord-Norge Sidetall 43 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2118-8
- 84/18 Morten Reymert: Import- og eksportlikninger i KVARTS Utleddning, estimering og simulering med likninger for utenrikshandelen Sidetall 83 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2123-4
- 84/19 Børre Nordby: Valg av ferietype Sidetall 53 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2197-8
- 84/20 Arne Ljones: Energiundersøkelsen 1983 Om energibruk og energiøkonomisering i private husholdninger Sidetall 62 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2130-7
- 84/21 Johan Heldal: Kvalitetskontrollundersøkelsen for Folke- og bolig tellingen 1980 Sidetall 115 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2140-4
- 84/22 Sindre Børke: Tilleggsundersøkelsen til Folke- og bolig telling 1980 Om muligheter for å erstatte skjema med registeropplysninger i senere folke- og bolig tellingen Sidetall 61 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2136-6
- 84/23 Roar Bergan: MINK En finansiell ettermodell til MSG En MSG-rapport Sidetall 71 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2138-2
- 84/24 Yngvar Holm: Engrosomsetningsindeks Sidetall 18 Pris kr 12,00 ISBN 82-537-2141-2
- 84/25 Morten Jensen og Morten Reymert: Kvartalsmodellen KVARTS - modellbeskrivelse og teknisk dokumentasjon Sidetall 87 Pris kr 18,00 ISBN 82-537-2139-0

Trykt 1985

- Nr. 85/1 Naturressurser og miljø 1984 Foreløpige nøkkeltall fra ressursregnskapene for miljø, energi, mineraler, skog, fisk og areal Sidetall 94 Pris kr 30,00 ISBN 82-537-2133-1
- 85/2 Aktuelle skattetal 1984 Current Tax Data Sidetall 44 Pris kr 20,00 ISBN 82-537-2142-0
- 85/3 Eva Ivås og Gunnar Sollie: MODIS IV Detaljerte virkningstabeller for 1983 Sidetall 268 Pris kr 45,00 ISBN 82-537-2153-6
- 85/4 Lorents Lorentsen og Kjell Roland: Markedet for råolje Historisk utvikling. Teorier og modeller. Prisprognoser Sidetall 58 Pris kr 20,00 ISBN 82-537-2145-5
- 85/5 Morten Reymert og Carl-Erik Schulz: Eksport og markedsstruktur Eksportutvikling og markedsandeler for Norge og andre land 1963 - 77 Sidetall 149 Pris kr 30,00 ISBN 82-537-2155-2
- 85/6 Elisabeth Fadum, Katalin Nagy og Tiril Vogt: Referansearkiv for naturressurs- og forurensningsdata: Emnekatalog for ferskvann Sidetall 313 Pris kr 50,00 ISBN 82-537-2159-5
- 85/7 Arne Rideng, Knut Ø. Sørensen og Kjetil Sørli: Modell for regionale befolkningsframskrivninger Sidetall 71 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2162-5
- 85/8 Kjetil Sørli: MATAUK En modell for tilgang på arbeidskraft, revidert modell og framskriving av arbeidsstyrken 1983 - 2000 Sidetall 81 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2163-3
- 85/9 Hilde Olsen, Morten Reymert og Pål Ulla: Det norske nasjonalregnskapet. Dokumentasjonsnotat nr. 20 - Kvartalsvis nasjonalregnskap - Dokumentasjon av beregningsopplegget Sidetall 97 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2167-6
- 85/10 Nordby, Børre: Feriereiser og ferieplaner. Undersøkelse i januar-februar 1985 Sidetall 60 Pris 25,00 ISBN 82-537-2170-6
- 85/11 Liv Argel: Avisenes bruk av statistikk Resultater fra en postundersøkelse i oktober 1984 Sidetall 34 Pris kr 20,00 ISBN 82-537-2185-4
- 85/12 Anders Harildstad: Det norske nasjonalregnskapet Dokumentasjonsnotat nr. 19 Arbeidskraftregnskapet - Beregning av arbeidskraftforbruket i varehandel Sidetall 45 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2186-2
- 85/13 Vidar Knudsen: En kvartalsmodell for boliginvesteringer estimert på norske data for perioden 1966 - 1978 Sidetall 46 Pris kr 20,00 ISBN 82-537-2206-0
- 85/14 Hogne Steinbakk og Terje Wessel: Planrekneskap for Møre og Romsdal 1984 - 1995 Hovudresultat Sidetall 56 Pris kr 20,00 ISBN 82-537-2209-5
- 85/15 Tore Høy, Terje Wessel og Hogne Steinbakk: Planrekneskap for Sogn og Fjordane 1984 - 1995 Hovudresultat Sidetall 49 Pris kr 20,00 ISBN 82-537-2210-9
- 85/16 Olav Ljones: Utviklingen av arbeidsmarkedsmodeller i Statistisk Sentralbyrå Sidetall 65 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2216-8
- 85/17 Skatter og overføringer til private Historisk oversikt over satser mv. årene 1970 - 1985 Sidetall 75 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2218-4
- 85/18 Elisabeth Fadum og Tiril Vogt: Referansearkiv for naturressurs- og forurensningsdata: Hefte I Arkivdel Sidetall 272 Pris kr 45,00 ISBN 82-537-2227-3
- 85/18 Elisabeth Fadum og Tiril Vogt: Referansearkiv for naturressurs- og forurensningsdata: Hefte II Registerdel Sidetall 224 Pris kr 45,00 ISBN 82-537-2227-3
- 85/19 Svein H. Trosdahl: Kommunale og fylkeskommunale utvalg oppnevnt i 1984 for perioden 1984 - 1987 Sidetall 107 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2235-4
- 85/20 Vidar Knudsen: INSIDENS - En modell for analyse av fordelingsvirkninger av endringer i avgifter og subsidier Sidetall 43 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2239-7
- 85/21 Morten Jensen: Kvartalsvise investeringsrelasjoner basert på en utvidet akseleratormodell Sidetall 55 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2237-0
- 85/22 Totalregnskap for fiske- og fangstnæringen 1980 - 1983 Sidetall 41 Pris kr 20,00 ISBN 82-537-2242-7
- 85/23 Arild Angelsen: Kommunale utbyggingsplaner til industriformål Sidetall 80 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2245-1

Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå (RAPP) - ISSN 0332-8422 (forts.)

Trykt 1985 (forts.)

- Nr. 85/24 Erik Biørn: En kvartalsmodell for industrisektorens investeringer og produksjonskapasitet Sidetall 54 Pris kr 20,00 ISBN 82-537-2250-8
- 85/28 Paal Sand og Gunnar Sollie: MODIS IV Dokumentasjonsnotat nr. 23 Endringer i utgave 83 - 1 Sidetall 79 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2253-2
  - 85/29 Roar Bergan og Øystein Olsen: Eksporttilpasning i MODAG A En MODAG-rapport Sidetall 99 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2255-9
  - 85/30 Ingar Kristoffersen og Erik Næsset: Ressursregnskap for skog Sidetall 72 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2256-7
  - 85/31 Frode Brunvoll: VAR Hefte I Statistikk for Vannforsyning, Avløp og Renovasjon Analyse av VAR-data Sidetall 77 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2258-3
  - 85/32 Feriereiser og ferieplaner Undersøkelse i mai-juni 1985 Sidetall 49 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2262-1
  - 85/33 Aktuelle skattetall 1985 Current Tax Data Sidetall 46 Pris kr 20,00 ISBN 82-537-2265-6
  - 85/34 Tor Haldorsen: Statistiske egenskaper ved Byråets standard utvalgsplan Sidetall 46 Pris kr 25,00 ISBN 82-537-2271-0



Pris kr 20,00

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

---

ISBN 82-537-2250-8  
ISSN 0332-8422