ARTIKLER 111

ETTERSPØRSELEN ETTER ENERGI
EN LITTERATURSTUDIE

Av Jon Blaalid og Øystein Olsen

THE DEMAND FOR ENERGY
A SURVEY

OSLO 1978

STATISTISK SENTRALBYRÅ

ARTIKLER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ NR. 111

ETTERSPØRSELEN ETTER ENERGI
EN LITTERATURSTUDIE

Av Jon Blaalid og Øystein Olsen

THE DEMAND FOR ENERGY
A SURVEY

OSLO 1978

ISBN 82-537-0892-0

FORORD

Denne artikkelen gir en oversikt over hovedresultatene fra en del analyser av energietterspørselen. Artikkelen omfatter kun studier av stasjonært energiforbruk i husholdning, industri og tjenesteytende virksomhet. Energi til transportformål holdes dermed utenfor.

Statistisk Sentralbyrå, Oslo, 18. september 1978

Petter Jakob Bjerve

PREFACE

This article presents the main results of some studies of the demand for energy. The survey considers only analyses of the demand for stationary energy in households, manufacturing and trade and service industries. Energy for transport is not included.

Central Bureau of Statistics, Oslo, 18 September 1978

Petter Jakob Bjerve

INNHOLD

Side

I. Bakgrunn 7

II. Husholdningenes etterspørsel etter energi 8

1. Innledning 8
2. Litt konsumentteori 8
3. Varige forbruksgoder og energietterspørsel 10
4. Korttids- og langtidsvirkninger 12
5. Spesielt om etterspørselen etter elektrisitet 13
6. Norske analyser 14
6.a. J. Blaalid & S. Log (1977) 14
6.b. A. Rødseth & S. Strøm (1976) og (1977) 17
7. Andre analyser av husholdningenes energietterspørsel 22

III. Industriens etterspørsel etter energi 24

1. Innledning 24
2. Litt produksjonsteori 24
3. Korttids- eller langtidsvirkninger? 29
4. Aggregering 29
5. Analyser på aggregert industrinivå 30
5.a. E. R. Berndt & D. W. Wood (1975) 31
5.b. J. M. Griffin & P. R. Gregory (1976) 32
5.c. E. R. Berndt & D. W. Wood (1977) 34
5.d. R. S. Pindyck (1977) 35
5.e. M. A. Fuss (1977) 38
5.f. T. D. Mount, L. D. Chapman & T. J. Tyrell (1973) 41
6. Analyser av de enkelte industrigrupper 42
6.a. R. E. Baxter & R. Rees (1968) 42
6.b. D. B. Humphrey (1977) 44
6.c. R. Halvorsen (1977) 45
6.d. J. Blaalid (1976) 48

IV. Energiforbruket i tjenesteytende virksomhet 48

1. Innledning 48
2. Utenlandske analyser 49
2.a. M. A. Fuss, R. Hyndeman & L. Waverman (1976) 49
2.b. T. D. Mount, L. D. Chapman & T. J. Tyrell (1973) 50
2.c. T. D. Mount & L. D. Chapman (1976) 51
2.d. Federal Energy Administration (1976) 51
3. Norske analyser 52
3.a. J. Blaalid (1976) 52
3.b. P. R. Koren (1978) 52

V. Oppsummering og konklusjon 57

1. Husholdning 57
2. Industri 58
3. Tjenesteyting 60

Sammendrag på engelsk 62

Litteraturhenvisninger 67

Utkommet i serien ART 70

Standardtegn i tabeller

- Null

0,0 Mindre enn 0,05 av den brukte enhet

CONTENTS

		Page
I.	Introduction	7
II.	The demand for energy by households	8
	1. Introduction	8
	2. Some theoretical considerations	8
	3. The demand for energy and durable goods	10
	4. Short-term and long-term effects	12
	5. Some special notes on the demand for electricity	13
	6. Norwegian analyses	14
	6.a. J. Blaalid & S. Log (1977)	14
	6.b. A. Rødseth & S. Strøm (1976) og (1977)	17
	7. Other studies of the households' demand for energy	22
III.	The demand for energy in manufacturing	24
	1. Introduction	24
	2. Theoretical considerations	24
	3. Short-term or long-term effects?	29
	4. Aggregation	29
	5. Analyses on aggregated manufacturing level	30
	5.a. E. R. Berndt & D. W. Wood (1975)	31
	5.b. J. M. Griffin & P. R. Gregory (1976)	32
	5.c. E. R. Berndt & D. W. Wood (1977)	34
	5.d. R. S. Pindyck (1977)	35
	5.e. M. E. Fuss (1977)	38
	5.f. T. D. Mount, L. D. Chapman & T. J. Tyrell (1973)	41
	6. Studies of specific manufacturing subgroups	42
	6.a. R. E. Baxter & R. Rees (1968)	42
	6.b. D. B. Humphrey (1977)	44
	6.c. R. Halvorsen (1977)	45
	6.d. J. Blaalid (1976)	48
IV.	Energy demand by trade and service industries	48
	1. Introduction	48
	2. Some foreign studies	49
	2.a. M. A. Fuss, R. Hydeman & L. Waverman (1976)	49
	2.b. T. D. Mount, L. D. Chapman & T. J. Tyrell (1973)	50
	2.c. T. D. Mount & L. D. Chapman (1976)	51
	2.d. Federal Energy Administration (1976)	51
	3. Norwegian analyses	52
	3.a. J. Blaalid (1976)	52
	3.b. P. R. Koren (1978)	52
V.	Summary and conclusion	57
	1. Household	57
	2. Industry	58
	3. Commercial	60
Summary in English		62
References		67
Issued in the series Articles from the Central Bureau of Statistics (ART)		70

Explanation of Symbols in Tables

- Nil

0,0 Less than 0.05 of unit employed

I. BAKGRUNN

Industridepartementet nedsatte høsten 1977 et utvalg (hvor bl.a. Statistisk Sentralbyrå er representert) som har fått til oppgave å utarbeide prognoser for energietterspørselen. For å kunne lage pålitelige framskrivninger av energiforbruket er det nødvendig å kjenne til hvilke faktorer som bestemmer de enkelte forbrukergruppers etterspørsel etter energi. Hovedformålet med denne artikkelen er å skaffe tilveie slik informasjon.

Ved siden av å danne grunnlag for energiprognoser vil opplysninger om priselastisiteter for energi være nyttig av følgende grunner:

a. Energiprisene har fra mange hold vært framhevet som det viktigste virkemiddel til å bidra til energiøkonomisering. Hvor effektivt prismekanismen er til å fremme et slikt formål vil avhenge av elastisiteten i etterspørselen.

b. I Norge har det i den seinere tid vært en viss diskusjon omkring omfanget av den totale elektrisitetsproduksjonen. Et mulig kriterium for å vurdere investeringene i kraftsektoren er å sammenligne den pris forbrukerne betaler for kraften med det det koster å bygge ut mer kraft (langtidsgrensekostnadskriteriet)[1]. Investeringstempoet i kraftforsyningen kan sies å være for stort, akkurat passe eller for lite alt etter som gjennomsnittsprisen er mindre, lik eller større enn langtidsgrensekostnad. Denne konklusjonen forutsetter imidlertid at kraftetterspørselen ikke er uelastisk, og svekkes også hvis prisfølsomheten er liten.

Det er utført en lang rekke analyser som kan gi informasjon om energietterspørselen. Prognoseutvalget fant det imidlertid lite praktisk at medlemmene i utvalget hver for seg skulle studere disse undersøkelsene. Materialet er så vidt omfattende at en slik gjennomgåelse ville ha vært meget tidkrevende. I tillegg er de fleste av disse analysene lagt opp slik at leserne bør har en viss innsikt i økonometri for å få fullt utbytte av analysene. Prognoseutvalget ba derfor Byrået om å gå gjennom analysene av energietterspørselen og å presentere hovedtrekkene og resultatene i en rapport til utvalget. Denne artikkelen er Byråets rapport.

Antallet energianalyser er så stort at vi, av hensyn til tidsrammen, bare har hatt anledning til å velge ut en del av de studiene som er utført. Vi har naturlig nok lagt stor vekt på de få norske analyser som kan kaste lys over energietterspørselen. Av utenlandske studier har vi tatt med de analysene som vi - bl.a. med utgangspunkt i andre litteraturstudier Lundin (1977), Taylor (1975) og Taylor (1976 b) - mener er av størst interesse.

---

1) For en nærmere redegjørelse vises til Rødseth (1975).

Hensikten med denne artikkelen er kun å gi en oversikt over en del analyser og beregningsresultater som kan være relevante. Vi har ikke gjort forsøk på å anbefale hvilke konkrete koeffisienter som bør brukes til framskrivning av energiforbruket i Norge. Hvilke koeffisienter som bør brukes vil bl.a. avhenge av modellspesifikasjonen.

Det er vanskelig å gjengi hovedtrekkene i en økonometrisk analyse i en popularisert form uten å miste sentrale deler av innholdet. I kapitlene II, III og IV som omhandler henholdsvis husholdning, industri og tjenesteytende virksomhet, gjengir vi relativt detaljert innholdet i noen utvalgte undersøkelser av energietterspørselen. Oppsummeringen i kapittel V har vi derimot forsøkt å formulere slik at den kan leses med små forkunnskaper i økonomisk teori.

En rekke økonomer ved Sosialøkonomisk Institutt og ved Forskningsavdelingen i Byrået har gitt verdifulle kommentarer til artikkelen.

II. HUSHOLDNINGENES ETTERSPØRSEL ETTER ENERGI

II.1. Innledning

Husholdningenes energietterspørsel antar ulike former. En del av energien brukes direkte i hjemmet til oppvarming, belysning, drift av husholdningsmaskiner, etc. (såkalt stasjonære formål). Videre etterspør husholdningene bensin til drift av privatbiler. Husholdningenes kjøp av varer, f.eks. mat, gir indirekte energibruk ved at det trengs energi til å produsere og distribuere varene.

I dette avsnittet vil vi innskrenke oss til å studere husholdningenes direkte energiforbruk til stasjonære formål. Bensinetterspørselen holdes altså utenfor.

Avsnittene II.2. - II.4. gir en oversikt over den tradisjonelle konsumentteorien og hvordan teorien kan nyttes til å analysere husholdningenes etterspørsel etter energi. Problemet med å nytte gjennomsnittspriser på elektrisitet i etterspørselsanalyser drøftes i II.5.

Når det gjelder konkrete studier vil vi legge hovedvekten på en beskrivelse av to norske analyser av husholdningenes energiforbruk (avsnitt II.6.). Utenlandske analyser vil bare bli summarisk behandlet i avsnitt II.7.

II.2. Litt konsumentteori

Den tradisjonelle teorien for en konsuments forbruk av varer og tjenester tar utgangspunkt i et representativt individ i økonomien. Dette individet har en nyttefunksjon eller preferanseordning som gjør det mulig

å rankere ulike kombinasjoner av et avgrenset antall godemengder. Med symboler er det vanlig å betegne en slik indikator med:

$$(1) \qquad U = U(x_1,\ldots,x_n),$$

hvor x_i angir forbruket av gode i ($i = 1,\ldots,n$).

Videre antas at individet har en gitt inntekt, y, som forbrukes i sin helhet, slik at:

$$(2) \qquad \sum_{i=1}^{n} p_i x_i = y,$$

hvor p_i = pris pr. enhet av gode i.

Det antas at individet søker å oppnå høyest mulig behovstilfredsstillelse (maksimere nytten U) idet alle priser samt inntekt betraktes som gitte data. Etterspørselen etter hvert av godene kan da avledes som funksjoner av priser og inntekt. Vi får at

$$(3) \qquad x_i = f_i(p_1,\ldots p_n, y) \qquad (i = 1,\ldots,n).$$

Et viktig resultat som framkommer ved denne utledningen er at bare de <u>relative</u> priser/inntekter betyr noe for individets tilpasning. Altså at

$$(4) \qquad x_i = f_i(1, \frac{p_2}{p_1},\ldots, \frac{p_n}{p_1}, \frac{y}{p_1}) \equiv f_i^*(\frac{p_2}{p_1},\ldots,\frac{p_n}{p_1}, \frac{y}{p_1}) \qquad (i = 1,\ldots,n).$$

Elastisiteten av en funksjon mhp. en av de variable (når alle andre variable i funksjonen holdes konstant) er (tilnærmet) et uttrykk for den prosentvise endringen i funksjonsverdien som følge av at den variable øker med 1 prosent. Tar vi for oss relasjonene (3), vil et matematisk uttrykk for inntektselastisiteten være:

$$(5) \qquad E_i = el.x_i : y = \frac{\partial x_i}{\partial y} \frac{y}{x_i}.$$

Tilsvarende kan en for hvert gode definere n priselastisiteter. $e_{ii} = el.x_i : p_i$ kalles den direkte priselastisiteten, mens $e_{ij} = el.x_i : p_j$ ($j \neq i$) kalles krysselastisiteter. Hvis en spesifiserer funksjonsformene og setter inn verdier for de variable, kan en regne ut verdier for disse elastisitetene.

Ett forhold kan det være viktig å slå fast med det samme: Generelt vil elastisitetene være funksjoner av de samme variable som inngår i etterspørselfunksjonene. Hvis derfor priser og inntekt (samt eventuelle andre forklaringsvariable) endres over tid, vil det samme skje med verdien av

elastisitetene. Bare ved spesielle antakelser om funksjonsformen vil elastisitetene opptre som konstanter.

Det er også grunn til å understreke at det sjelden (eller aldri) er mulig å få med alle relevante faktorer som påvirker et individs forbruk av energi. Dette forhold gjør at en estimert relasjon kan vise seg å være lite stabil over tid. Det kan også reises en del andre innvendinger mot den tradisjonelle etterspørselsanalysen[1]. Uten å gå nærmere inn på disse her vil vi nevne at teorien tar utgangspunkt i et gitt varespekter. Den sier derfor ikke noe om hva som skjer når nye goder introduseres på markedet. Videre kan nevnes at de fleste analyser baserer seg på et aggregert datamateriale. Dette fører bl.a. til at en ikke får tatt hensyn til virkninger på energietterspørselen av endringer i inntektsfordelingen.

II.3. Varige forbruksgoder og energietterspørsel

Forbruket av energi - både olje og elektrisitet - er i sterk grad knyttet til anvendelsen av varige konsumgoder. Dette begrepet omfatter bl.a. bil, bolig og en rekke elektriske husholdningsapparater. Etterspørselen etter varige forbruksgoder kan ikke uten videre innpasses i det enkle skjemaet i II.2. Teorien passer best for behandling av goder som forbrukes "momentant", for eksempel matvarer. Med visse modifikasjoner kan den imidlertid utvides til å gjelde goder som forbrukes over en lengre periode.

En vanlig metode er å anta at det er tjenesten av det varige konsumgodet som inngår i nyttefunksjonen, ikke godet i seg selv. Denne tjenesten kan antas å stå i et enkelt funksjonsforhold til beholdningen av godet; ved tilpasningen oppstår dermed "indirekte" en etterspørsel etter varen.

Når en har intordusert goder som har en levetid over flere perioder, er det mest naturlig med en dynamisk analyse (modellen i II.2. er statistisk). Det kan tenkes flere ulike tilnærmingsmåter. Stone & Rowe (1957) nytter en såkalt "stock-adjustment"-modell. De postulerer direkte en relasjon for ønsket beholdning av godet på et visst tidspunkt, k_t^*, altså at:

$$(6) \qquad k_t^* = a + br_t + cp_t + \ldots,$$

hvor vi (som en illustrasjon) har antatt at ønsket beholdning er en lineær funksjon av bl.a. inntekt (r_t) og relative priser (p_t). Tilpasningen til dette ønskede nivå antas å skje gradvis over flere perioder, presisert ved relasjonen:

$$(7) \qquad k_t - k_{t-1} = \lambda\,(k_t^* - k_{t-1}) \qquad (0 < \lambda < 1).$$

1) Se f.eks. J. A. C. Brown og A. S. Deaton (1972): "Models of Consumer Behaviour: A Survey". Economic Journal, Vol. 82, desember 1972, s. 1 145 - 1 236.

k_t angir her faktisk beholdning på tidspunkt t, λ er en reaksjonsparameter som uttrykker hvor raskt tilpasningen skjer. Med antakelsen om en konstant depresieringsrate, δ, har en definisjonsmessig at:

$$(8) \qquad k_t = q_t + k_{t-1} - \delta k_{t-1},$$

hvor q_t er kjøpet av varige forbruksgoder i periode t.

Av "stock-adjustment"-modellen (6), (7) og (8) kan en utlede:

$$(9) \qquad q_t = \lambda a + \lambda b r_t + \lambda c p_t + \ldots\ldots + (\delta-\lambda)k_{t-1},$$

som er en etterspørselrelasjon for bruttoinvesteringene med "lagget" verdi av kapitalbeholdningen som en forklaringsfaktor. Houthakker & Taylor (1970) og Houthakker, Verleger & Sheehan (1974) postulerer direkte en slik relasjon. Koeffisienten foran k_{t-1} tolkes som en vanedanningseffekt.

I "stock-adjustment"-modellen påvirker relative priser, inntekt osv. <u>ønsket beholdning</u> av varige forbruksgoder. Enkelte forfattere (f.eks. Balestra (1967) mener det er mer rimelig å anta at <u>bruttoinvesteringen</u> - altså det faktiske kjøpet av nye varige forbruksgoder - direkte avhenger av relative priser, inntekt osv. Istendenfor (6) postuleres

$$(10) \qquad q_t = \alpha + \beta r_t + \gamma p_t + \ldots .$$

En endring[1)] i et av argumentene fører nå ikke til et ønske om en bestemt beholdning (som i "stock-adjustment"-modellen), men til kjøp av nytt utstyr i hver periode framover. Det vil skje en nettoinvestering inntil beholdningen av godet er blitt så stor at alt kjøp går til å dekke depresieringen.

Som nevnt er etterspørselen etter energi sterkt knyttet til forbruket av varige konsumgoder. En vanlig antakelse er å stille opp en enkel sammenheng mellom energibruk og beholdningen av slike goder, for eksempel ved:

$$(11) \qquad x_t = \eta\, k_t, \text{ hvor } x_t \text{ angir energiforbruket i periode t.}$$

η kan enten tolkes som utnyttelsesgrad eller betraktes som en teknisk sammenheng som gjelder mellom energiinnsats og "kapitalbeholdning"[2)].

---

1) Vi tenker oss at argumentet får en ny verdi som så holdes konstant framover. 2) Hvis (11) kombineres med "stock-adjustment"-modellen (og η oppfattes som en konstant) kommer en fram til en såkalt "flow-adjustment"-modell som anvendes av bl.a. Houthakker & Taylor (1970) og Houthakker, Verleger & Sheehan (1974).

η behøver ikke nødvendigvis tolkes som en konstant, enkelte forfattere forutsetter at også utnyttelsesgraden avhenger av størrelser som priser og inntekt. Dette medfører at koeffisientene foran disse argumentene i den avledede etterspørselsrelasjon etter energi får en annen tolkning.

II.4. Korttids- og langtidsvirkninger

Siden forbruk av energi er så sterkt knyttet til anvendelsen av varige konsumgoder, er det viktig å skille mellom kortsiktige og langsiktige virkninger som følge av endringer i forklaringsvariablene.

Hva som skal forstås med henholdsvis kort og lang sikt, kan imidlertid diskuteres, den konkrete presiseringen vil ofte bero på den dynamiske modellen som blir spesifisert. Houthakker (1951) og Fisher & Kaysen (1962) forutsetter at utnyttelsesgraden i (11) er en variabel størrelse. Korttidsvirkningen av en endring i et av argumentene defineres som den momentane effekten på η, altså med uendret beholdning av varige konsumgoder.

En alternativ tolkning er å ta med i korttidseffekten også det energiforbruk som er knyttet til "kapitaløkningen" i første periode. Som en illustrasjon kan vi betrakte "stock-adjustment"-modellen som består av relasjonene (6), (7) og (8). Langtidseffekten av en endring i p_t kan defineres som endring i den ønskede beholdningen av godet, og kan for eksempel angis ved den deriverte $\partial k^* / \partial p_t$. På grunn av den treghet i tilpasningen som (7) representerer, blir bare en andel λ realisert i første periode. Korttidsvirkningen er derfor gitt ved $\lambda \cdot (\partial k^*/\partial p_t)$. Ved å mulitiplisere med (den konstante) utnyttelsesgraden, η, fås tilsvarende lang- og korttidseffekter på energietterspørselen.

Langtidsvirkningen for denne "stock-adjustment"-modellen består altså i at det skjer en gradvis tilpasning til ønsket beholdning. I modellene (8) og (10) blir tolkningen av tilsvarende effekt noe annerledes. Ved å sette (10) inn i (8) får vi:

$$(12) \qquad k_t = \alpha + \beta\, r_t + \gamma\, p_t + \ldots + (1 - \delta)k_{t-1}.$$

$\frac{\partial k_t}{\partial p_t} = \gamma$ er her korttidseffekten av en marginal endring i p_t, og beskriver igjen det som skjer med kapitalbeholdningen i første periode. Endringen i p_t forårsaker imidlertid bruttoinvestering også i alle påfølgende perioder. Til slutt går all investering med til å dekke kapitalslitet og $k_t = k_{t-1} = \bar{k}$. Innsatt i (12) gir dette langtidseffekten:

$$\frac{\partial \bar{k}}{\partial p_t} = \frac{1}{\delta} \cdot \gamma.$$

Ønsket bruttoinvestering blir realisert på ethvert tidspunkt, men bruttoinvesteringen gjentas periode etter periode. Langtidseffekten summerer opp virkningene inntil det ikke lenger foregår noen nettoøkning i beholdningen.

Vi ser at definisjonen av korttids- og langtidsvirkninger i en viss grad er avhengig av den enkelte modell. Dette forhold kan gjøre det problematisk direkte å sammenligne anslag for kort- og langtidseffekter i undersøkelser som opererer med forskjellige teoretiske modellopplegg.

II.5. Spesielt om etterspørselen etter elektrisitet

I det tradisjonelle opplegget som løselig ble skissert i avsnitt II.2., blir det antatt at individet står overfor et gitt sett av priser som det tilpasser seg til. Ved studier av elektrisitetsetterspørselen støter en imidlertid på et spesielt problem ved at husholdningene ikke står overfor en enkelt pris på kraft, men en prisskala[1]. Et eksempel på dette er H-3-tariffen som i de seinere år har vært nyttet av de fleste norske husholdninger. Denne er bygd opp av flere prisledd[2]. Lignende tariffstrukturer finnes i en rekke andre land. Dette skaper problemer for analyser av elektrisitetsetterspørselen.[3] Budsjettbetingelsen (relasjon (2) foran) vil ikke lenger være en rett linje, men ha flere "knekkpunkter". Dette fører til at etterspørselen ikke kan avledes som en kontinuerlig funksjon av priser og inntekt. Videre behøver tilpasningspunktet ikke bli entydig bestemt ved gitt prisskala.

Disse problemene kan imidlertid løses ved aggregering. Det er vist bl.a. av Blattenberger (1977) at når en betrakter en større gruppe av konsumenter, vil elektrisitetsetterspørselen under rimelige forutsetninger være en kontinuerlig funksjon av "prisen".

De problemer som tariffutformingen kan skape for økonometriske undersøkelser av elektrisitetsetterspørselen har vært kjent helt siden en tidlig studie av Houthakker (1951). Det ble der pekt på at det i en etterspørselsrelasjon er marginalprisen som er den relevante prisvariabel. Til tross for dette har de fleste analyser fram til i dag nyttet observert gjennomsnittspris i beregningene. Dette kan forsvares med en hypotese om at gjennomsnittsprisen er den variabel som forbrukerne faktisk tilpasser forbruket til. Ved å nytte observert gjennomsnittspris oppstår imidlertid et simultanitetsproblem. Med H-3 og lignende tariffer vil gjennomsnittsprisen avhenge av forbruket (eventuelt belastningen). Det betyr at pris og kraftforbruk egentlig blir bestemt simultant.

---

1) Dette forhold gjelder i en viss grad også olje og gass. 2) Konsumenten betaler i H-3-tariffen for et fast abonnement, en årlig avgift på uttatt effekt opptil en viss grense. Dertil betales én kWh-pris for forbruk av kraft under denne grensen, og en høyere energipris for såkalt "overforbruk". 3) For nærmere diskusjon av disse forhold vises til Taylor (1975) og Taylor, Verleger & Blattenberger (1976).

Bruk av minste kvadraters metode direkte på den ene relasjonen vi har omtalt, vil gi estimatorer som ikke har gode egenskaper. Som en løsning på dette problemet foreslås det i Taylor (1975) å postulere både en marginalpris og gjennomsnittspris i etterspørselsfunksjonen. Disse prisene skal ikke beregnes ex post, men bør hentes direkte fra "prisskalaen". Denne metoden er beskrevet nærmere og blir også nyttet i analysen av Taylor, Verleger & Blattenberger (1976).

Et annet forhold som det er vesentlig å ta hensyn til ved analyser av husholdningenes elektrisitetsforbruk, er at elektrisk kraft har forskjellige anvendelser i husholdningene. Et viktig skille går mellom den kraften som går til belysning, koking og elektriske husholdningsapparater, og elektrisitet nyttet til oppvarming. Ved førstnevnte "aktiviteter" er elektrisk strøm eneste mulige innsatsfaktor (i Norge). Andre energibærere som ved, kull og olje vil være alternativer til elektrisitet for oppvarmingsformål. Substitusjonsmulighetene og dermed elastisiteten i etterspørselen, for elektrisitet brukt til hhv. oppvarming og "andre formål" vil derfor være svært forskjellige. Dette er forhold som en analyse av kraftetterspørselen i prinsippet bør ta hensyn til, men begrensninger i datamaterialet har til nå gjort dette vanskelig å etterleve i praksis. Eksisterende måleinstallasjoner gir ikke anledning til å registrere forbruk av elektrisitet til ulike nytteformål.

II.6. Norske analyser

II.6.a. J. Blaalid & S. Log (1977)

Blaalid & Log har analysert husholdningenes etterspørsel etter elektrisitet i tidsrommet 1966-1975. Dette skjer på grunnlag av fylkesvise observasjoner av de variable, de nytter altså et kombinert tverrsnitts-/tidsseriemateriale. På den måten fås et stort antall observasjoner. Tall for forbruk av elektrisk kraft er hentet fra elektrisitetsstatistikken. Elektrisitetsforbruket i jordbruk er der slått sammen med kraftforbruket i husholdningene. Dette forhold bør en være oppmerksom på ved sammenligning med andre undersøkelser.

Blaalid & Log foretar en partiell analyse av ett gode, elektrisitet. Modellen som nyttes har likhetstrekk med relasjonene (8) og (10) foran. Dette innebærer altså at etterspørselen etter varige forbruksgoder spiller en sentral rolle. Elektrisitetsforbruket knyttes til beholdningen av slike goder. Følgende variable inngår i modellen:

X_t = husholdningenes etterspørsel etter elektrisitet

Q_t = husholdningenes temperaturkorrigerte elektrisitetsetterspørsel

B_t = husholdningenes beholdning av elektriske husholdningsapparater og elektrisk oppvarmingsutstyr

p_t^e = gjennomsnittlig elektrisitetspris i perioden dividert med konsumprisindeksen

p_t^o = gjennomsnittspris for olje dividert med konsumprisindeksen

p_t^u = prisindeks for B_t dividert med konsumprisindeksen

R_t = disponibel realinntekt

n_t = antall personer i husholdningen

G_t = graddagstallet

δ = depresieringsfaktor

Analogt med (10) blir bruttoinvestering i elektrisk husholdningsutstyr knyttet til R_t, n_t og relative priser ved en lineær relasjon. Via "økosirkrelasjonen" (8) blir dermed B_t en funksjon av de samme variable, men i tillegg kommer "lagget" verdi, B_{t-1}, med som høyresidevariabel. Videre antas at temperaturkorrigert kraftforbruk, Q_t, er proporsjonalt med B_t, analogt med (11).

Den siste sentrale relasjonen i modellen er gitt ved:

$$X_t = Q_t + \Theta G_t. \tag{13}$$

Denne relasjonen er innført for å få fram at endringer i utetemperaturen bare har en korttidsvirkning på etterspørselen, mens endringer i de øvrige variable også har langtidsvirkninger via kjøp av nytt utstyr (jfr. beskrivelsen i avsnittene II.3. og II.4.).

Blaalid og Log kommer fram til følgende relasjon som skal estimeres:

$$X_t = \alpha_o + \alpha_1 p_t^e + \alpha_2 p_t^o + \alpha_3 p_t^u + \alpha_4 R_t + \Theta G_t + (1 - \delta)\,(X_{t-1} - \Theta G_{t-1})^{1)}. \tag{14}$$

(14) uttrykker altså at elektrisitetsprisen, oljeprisen, prisen på elektrisk utstyr, realinntekt, temperaturen og fjorårets temperaturkorrigerte forbruk bestemmer elektrisitetsforbruket.

I overensstemmelse med det som ble sagt i avsnitt II.4., kan <u>korttidsvirkningen</u> av en endring i for eksempel elektrisitetsprisen angis ved den derierte $\frac{\partial X_t}{\partial p_t^e} = \alpha_1$, og beskriver altså virkningen i det første året.

<u>Langtidseffekten</u> inkluderer også økt kraftforbruk knyttet til "nettoinvestering" i seinere perioder. På derivert form kan den angis ved

$\frac{\partial X}{\partial p_t^e} = \frac{\alpha_1}{\delta}$. Tilsvarende uttrykk gjelder for de andre høyresidevariable i (14),

1) I relasjon (14) inngår "lagget" verdi av den endogene variable som forklaringsfaktor. Modellen er dermed autoreggressiv. Hvis restleddene er seriekorrelerte, vil bruk av minste kvadraters metode ikke gi forventningsrette estimater.

bortsett fra graddagstallet. En endring i denne variabel har på grunn av modellspesifikasjonen bare korttidsvirkning.

En enkel omskrivning av relasjon (14) gir:

$$(15) \qquad X_t = \alpha_o + \alpha_1 p_t^e + \alpha_2 p_t^o + \alpha_3 p_t^u + \alpha_4 R_t + \Theta G_t + (1 - \delta) X_{t-1} + \rho G_{t-1}.$$

Parameteren ρ er definert som:

(16) $\rho = - (1 - \delta) \Theta$, og representerer altså en restriksjon på parametrene i relasjon (15).

I første omgang estimerer forfatterne (15) uten hensyn til parameterrestriksjonen. To ulike estimeringsmetoder nyttes. Den ene er minste kvadraters metode brukt direkte på (15), mens det i en kovariansanalyse innføres et sett av binærvariable for å ta vare på systematiske fylkesvise variasjoner som ikke forklares av argumentene i (15). Ved estimeringen viste det seg at koeffisientene foran disse variable ble skarpt bestemt.

For å ta eksplisitt hensyn til (16) gjennomføres også en estimering ved minste kvadraters metode med (16) som bibetingelse. Dette gjøres ved en iterasjonsprosess, dvs. man estimere (14) ved å sette inn alternative verdier for Θ og så velge den verdi som gir minst spredning på restleddet.

Alt i alt blir det nyttet tre forskjellige kombinasjoner av modell-/estimeringsmetode. Resultatet av beregningene viser at ingen av disse er gode nok til å bestemme alle koeffisienter i modellen simultant. Forfatterne nytter resultatene fra kovariansanalysen uten direkte å ta hensyn til parameterrestriksjonen til å regne ut anslag på elastisiteter. Den lineære modellen som blir nyttet gir ikke konstante elastisiteter. De anslag som presenteres framkommer ved å sette inn gjennomsnittsverdier i observasjonsmaterialet i elastisitetsuttrykkene. Dette gir følgende resultater:

Tabell 1. Elastisiteter, Norge 1966-1975 *Elasticities, Norway 1966-1975*

Elastisiteter av elektrisitetsforbruket med hensyn på: *Elasticities of electricity demand regarding:*	Kort sikt *Short run*	Lang sikt *Long run*
Elektrisitetspris *Electricity price*	-0,14	-0,29
Oljepris *Oil price*	0,03	0,06
Inntekt *Income*	0,50	1,04
Graddagstall *Number of degree days*	0,10	-

K i l d e: Blaalid og Log (1977). *Source: Blaalid & Log (1977).*

Vi legger merke til at de beregnede elastisiteter har fått det forventede fortegn. I tallverdi er de også av en "rimelig" størrelsesorden.

En mulig svakhet ved denne og de fleste andre analyser er at det er gjennomsnittsprisen på elektrisitet som inngår som forklaringsfaktor. I den grad selve tariffutformingen er av betydning for tilpasningen, vil dette gi et skjevt bilde av virkeligheten. Forfatterne forsvarer sin framgangsmåte med at husholdningene ikke "gjennomskuer" tafiffene, og at det er det de betaler (i gjennomsnitt) som er avgjørende for forbruket.

Et annet forhold som kan trekkes fram ved undersøkelsen knytter seg til det som ble sagt innledningsvis om at elastisitetene i en etterspørselsrelasjon generelt ikke er konstante størrelser. Dette gjelder for eksempel en slik lineær modell som blir nyttet i ovenstående analyse. Ved de presenterte resultater har Blaalid & Log satt inn gjennomsnittsverdier i observasjonsmaterialet. Selv om estimeringen har gitt "riktige" anslag på koeffisientene i modellen, innebærer dette en fare for at de presenterte elastisitetene er "foreldet". Et alternativ kan være å regne ut elastisiteter for siste observasjonsår (1975)[1]. Til forsvar for å nytte gjennomsnittsverdier i materialet kan anføres at den statistiske spredningen (som kan tolkes som et uttrykk for den usikkerhet som er til stede) her er mindre enn for enkeltobservasjoner.

I beregningen som ligger til grunn for tabell 1 ble anslaget på depresieringsfaktoren, δ, ca. 0,5. Langtidseffekten er altså to ganger korttidseffekten. Etter det som er nevnt i avsnitt II.3. vil en depresieringsfaktor på 0,5 bety at husholdningsutstyret "slites ut" på to år, noe som kan virke urealistisk. Forfatterne påpeker at det ikke er noe skarpt skille mellom ex ante og ex post substitusjonsmuligheter siden en stor del av husholdningene har basert seg på kombinert oppvarming. Dermed vil δ snarere gi uttrykk for tregheten i tilpasningen og substitusjonsmulighetene enn en ren teknisk depresiering. Forfatterne finner derfor ikke anslaget 0,5 urimelig.

Blaalid & Log tester hypotesen om at etterspørselsfunksjonen fikk et skift i 1973/74 (oljekrisen). Hypotesen må forkastes.

II.6.b. A. Rødseth & S. Strøm (1976) og (1977)

Asbjørn Rødseth og Steinar Strøm har analysert husholdningenes etterspørsel etter energi. Datamaterialet er dels tidsserier hentet fra nasjonalregnskapet og dels tidsserier fra andre kilder. Analysen består av tre modeller.

1) Innsetting av verdier for dette året gav en kortsiktig direkte priselastisitet på -0,12 (mot -0,14 i tabell 1).

Modell A

I denne modellen estimeres husholdningenes samlede etterspørsel etter energi (til stasjonære formål). Det antas at husholdningene forbruker fire godekategorier:

q_1: Forbruk av energi til stasjonære formål

q_2: Bruk av eget motorkjøretøy

q_3: Bruk av offentlige transportmidler

q_4: Alt annen forbruk

Rødseth & Strøm forutsetter at hvert individ har en nyttefunksjon hvor disse fire godene samt biltetthet og utetemperatur inngår. Individet maksimerer nytten med gitt inntekt og gitte priser på godene. Dette fører fram til etterspørselsfunksjonene:

$$(17) \qquad q_i = f_i(P_1/M,\ P_2/M,\ P_3/M,\ P_4/M,\ G,\ R),\ i = 1,\ldots,4,$$

hvor

P_i = pris pr. enhet av q_i, $i = 1,\ldots,4$

M = total forbruksutgift

G = graddagstallet

og

R = en indikator på biltettheten

I stedet for direkte å ta utgangspunkt i etterspørselsfunksjonene velger Rødseth & Strøm å starte med en indirekte nyttefunksjon (utledes ved å sette (3) inn i (1) i avsnitt II.2.). Når det gjelder det konkrete valg av funksjonsform, følger Rødseth & Strøm et opplegg av Jorgenson (1974) og spesifiserer en såkalt translog indirekte nyttefunksjon. Kaller en $P_1/M = X_1$, osv., $G = X_5$ og $R = X_6$ er denne av formen:

$$(18) \qquad \ln V = \alpha_o + \sum_{i=1}^{6} \alpha_i \ln X_i + \tfrac{1}{2} \sum_{i=1}^{6} \sum_{j=1}^{6} \beta_{ij} \ln X_i \ln X_j .$$

Ut fra denne relasjonen kan det vises at budsjettandelene, a_j, for de fire godene kan uttrykkes ved:

$$(19) \qquad a_j = (\alpha_j + \sum_{i=1}^{6} \beta_{ij} \ln X_i)/(\sum_{i=1}^{4} \alpha_i + \sum_{i=1}^{4} \sum_{j=1}^{6} \beta_{ij} \ln X_j)$$

Relasjon (19) anvendes til å estimere de ukjente parametrene (α-ene og β-ene).

Ved hjelp av disse parametrene beregnes pris- og inntektselastisiteter for de fire godekategoriene. Utgangspunktet for estimeringen er data for perioden 1949-1970. Estimeringen gav meget skarpt bestemte koeffisienter. Et unntakt i så måte utgjør koeffisientene som gir uttrykk for temperaturen og biltetthetens innvirkning på etterspørselen etter de fire godene. For temperaturens del kan antakelig dataproblemer gi forklaringen. Det foreligger kun graddagstall for ett observasjonssted (Oslo) helt tilbake til 1949.

Inntektselastisiteten for husholdningenes totale energiforbruk (til stasjonære formål) ble beregnet til (noe i underkant av) 1,1. Elastisiteten av energiforbruket med hensyn på energiprisen ble anslått til ca. -0,3. Begge elastisitetene antas å gi uttrykk for korttidsvirkninger.

Modell B

I modell B forklares hvor stor del av husholdningenes energietterspørsel som dekkes av elektrisitet. Rødseth & Strøm tar utgangspunkt i to relasjoner:

$$(20) \qquad \frac{q_v}{q_1} = e^{\mu_0'} - \mu_1' \frac{P_o}{P_e} - \mu_2' \frac{M}{P} - \mu_3' G$$

$$(21) \qquad \frac{q_o}{q_v} = (1 - \frac{A_e}{A})\, e^{\mu_0''} - \mu_1'' \frac{P_o}{P_e} - \mu_2'' \frac{M}{P} - \mu_3'' G.$$

q_v angir den del av energiforbruket som går til oppvarming, q_o står for det representative individs forbruk av olje, elektrisitetsforbruket er dermed gitt ved $q_e = q_1 - q_o$.

Relasjon (20) forklarer hvor stor del av det samlede energiforbruket som går til oppvarming. Forklaringsvariable er forholdet mellom oljepris (P_o) og elektrisitetspris (P_e), realinntekten $\frac{M}{P}$ (P er en konsumprisindeks) og graddagstallet.

Relasjon (21) bestemmer fossilt brensels andel av energiforbruket til oppvarming.

Variabelen $\frac{A_e}{A}$ er en størrelse som uttrykker andelen av boligmassen som utelukkende har elektrisk oppvarmingssystem. I relasjon (21) antas oljefyringsandelen q_o/q_v å være proporsjonal med $1 - \frac{A_e}{A}$ - den del av boligmassen som har annet enn helelektrisk oppvarmingssystem. Proporsjonalitetsfaktoren antas å avhenge av P_o/P_e, M/P og G. At P_o/P_e inngår som forklaringsfaktor i denne relasjonen begrunnes med at mange husholdninger bruker både elektrisitet og olje til oppvarmingsformål. Hvor mye som brukes av hver energibærer, vil kunne avhenge av kostnadsforskjeller.

Av (20) og (21) kan en avlede:

$$(22) \qquad \frac{q_e}{q_1} = 1 - (1 - \frac{A_e}{A})\, e^{\mu_o - \mu_1 \frac{P_o}{P_e} - \mu_2 \frac{M}{P} - \mu_3 G},$$

hvor $\mu_o = \mu_o' + \mu_o''$ osv.

Relasjonen (22) forklarer korttidsvariasjonen i elektrisitetsandelen. Relasjonen estimeres med årlige data for perioden 1957-1970. Med bare 14 observasjonssett ble ingen av koeffisientene signifikant forskjellige fra null med 10 prosent signifikansnivå.

Modell C

I modell B er variabelen $\frac{A_e}{A}$ med å bestemme elektrisitetsandelen. Siktemålet med modell C er å lage en teori som forklarer endringer i denne variabel. Følgende relasjon postuleres:

$$(23) \qquad \frac{\Delta A_e(t)}{\Delta A(t)} = 1 - e^{\gamma_o - \gamma_1 \frac{P_o(t-1)}{P_e(t-1)} - \gamma_2 \frac{M(t-1)}{P(t-1)}}.$$

Forfatterne presiserer at det som påvirker oppvarmingsmåte i nye leiligheter er installeringskostnader og løpende utgifter som fyrings- og vedlikeholdskostnader. Av datamessige årsaker må disse kostnadene representeres ved prisforholdet P_o/P_e. At realinntekten inngår som forklaringsfaktor begrunnes med at økt inntekt "vil føre til en økt bruk av den mest bekvemme oppvarmingsmetode, nemlig elektrisitet". Med utgangspunkt i en gitt initial verdi for A kan en finne tidsrekken $A_e(t)$ ved "økosirksammenhengen".

$$(24) \qquad A_e(t) = A_e(t-1) + \Delta A_e(t).$$

Det er her forutsatt at saneringen av leiligheter som varmes opp av elektrisitet alene er lik det antall leiligheter som hvert år "rustes opp" til denne oppvarmingsmåten.

Estimeringen av relasjon (23) (data for 1957-1972) gav et skarpt bestemt (1 prosent nivå) estimat på koeffisienten foran inntekten, men priskoeffisienten ble ikke signifikant forskjellig fra null (10 prosent nivå). Begge koeffisientene har det forventede fortegn.

Det kan være visse faktiske forhold som gjør at modell C ikke gir en tilfredsstillende beskrivelse av eloppvarmingsandelen i nye boliger helt fra 1957. Det var en form for rasjonering av elektrisitet til husholdningene en rekke år etter krigen. Konkret var det restriksjoner på (fast-) abonnementets størrelse. Dette gav sannsynligvis betydelige avvik mellom etterspørsel og faktisk forbruk. Da restriksjonene på abonnementets størrelse mer eller mindre falt bort økte installasjonen av elektrisk oppvarmingsutstyr sterkt, spesielt i

nye boliger. Den sterke økningen i elandelen i nye boliger i slutten av femtiårene og begynnelsen av sekstiårene kan dermed delvis skyldes avtrappingen av restriksjoner på kraftforbruket.

Den fullstendige dynamiske modellen utgjøres nå av relasjonene (17), (22), (23) og (24). Denne modellen brukes til å beregne kort- og langtidseffekter av pris- og inntektsendringer. Korttidsvirkningen på elektrisitetsetterspørselen av endret kraftpris, er virkningen på q_e av endret p_e når $\frac{A_e}{A}$ er konstant. Denne effekten fås ved å elastisitere relasjonene (17) og (22). Økt kraftpris fører for det første til en overgang fra elektrisitet til olje fordi prisforholdet p_o/p_e vris. Videre reduseres kraftforbruket ytterligere fordi energiprisen p_1 stiger, (jfr. relasjon (17)). I tillegg fører økt elektrisitetspris til at realinntekten $\frac{M}{P}$ går ned, som via relasjon (22) gir reduksjon i elektrisitetsandelen. Den kortsiktige elastisitet av elektrisitetsforbruket mhp. kraftprisen ble estimert til å ligge i intervallet -0,19 til -0,24 i observasjonsperioden. Den kortsiktige inntektselastisiteten ble beregnet til om lag 1,3.

Økt kraftpris vil via relasjon (23) også føre til at oppvarmingsmåten i nye leiligheter påvirkes, både ved at prisforholdet P_o/P_e vris og ved at realinntekten reduseres som følge av økt generelt prisnivå. Langtidslikevekt blir definert som den tilstand da antall leiligheter som varmes opp med elektrisitet alene vokser i takt med det totale antall leiligheter, altså at:

$$\frac{\Delta A_e}{A_e} = \frac{\Delta A}{A} \quad (25)$$

Ved å kombinere (22) - (25) kommer en fram til uttrykk og anslag for langsiktige elastisiteter av elektrisitetsforbruket mht. elektrisitetspris og inntekt. Den langsiktige priselastisiteten faller sterkt i tallverdi over tiden. I 1957 estimeres den til -1,19 og i 1975 til -0,28. Som mulige forklaringer på dette framfører forfatterne den sterke inntektsøkningen og den høye inntektselastisiteten for elektrisk oppvarmingsutstyr.

I motsetning til Blaalid & Log bringer Rødseth & Strøm eksplisitt inn oppvarmingssystemet i de estimerte relasjoner. Dette er en klar fordel, jfr. II.2. Det er imidlertid visse problemer med å skaffe pålitelige data for oppvarmingssystemet. Den relevante variabel for det elektriske oppvarmingsutstyret er trolig samlet innstallert kapasitet til elektrisk oppvarming i alle boliger (sett i forhold til total oppvarmingskapasitet). Denne andelen kan selvsagt endres betydelig selv om $\frac{A_e}{A}$ er konstant, f.eks. ved at husholdninger med oljekamin kjøper elektriske panelovner som tilleggsutstyr. Rødseth & Strøm påpeker at de burde valgt en "mer omfattende variabel" enn $\frac{A_e}{A}$, men at data begrenser valgmulighetene.

For å estimere modell C trengs opplysninger om andelen av nye boliger som kun har elektrisk oppvarmingsutstyr, $\frac{\Delta A_e}{\Delta A}$. Tall for denne variabel hente fra byggearealstatistikken. Det bør nevnes at oppgavene i denne statistikken over oppvarmingssystemet bygger på svakt grunnlag.

II.7. Andre analyser av husholdningenes energietterspørsel

Vi vil i dette avsnittet mer summarisk gjengi resultater fra en del utenlandske undersøkelser av husholdningenes energiforbruk.

Sammensetningen av energiforbruket i Norge er vesentlig forskjellig fra andre land. For eksempel nytter en stor del av husholdningene i Norge elektrisitet til oppvarmingsformål, mens en rekke andre land i større grad bruker olje og gass til oppvarming. Dette samt ulike klimaforhold, hustype etc. - gjør at det kan være tvilsomt å bygge antakelser om pris- og inntektselastisiteter i Norge på økonometriske undersøkelser i andre land. Vi har begrenset oss til å inkludere utenlandske studier av etterspørselen etter elektrisitet.

I tabell 2 presenteres resultater fra ti slike analyser. Enkelte av disse ble i avsnittene II.3. og II.4. nevnt som eksempler på ulike modellformuleringer. Noen nærmere beskrivelse av modell og estimeringsmetode vil ikke bli gitt her.[1] For oversiktens skyld har vi tatt med resultatene fra de to norske undersøkelsene i oppstillingen.

De beregnede pris- og inntektselastisiteter i disse undersøkelsene har alle fått det forventede fortegn. Det er imidlertid betydelig variasjon i størrelsen på elastisitetene i de utenlandske analysene.

Ved jamføring av resultatene fra de utenlandske undersøkelsene og de estimerte elastisiteter hos Rødseth & Strøm og Blaalid & Log, ser en at en korttidspriselastisitet i Norge på noe i underkant av -0,2 blir understøttet av mange utenlandske undersøkelser. Anslagene på langtidspriselastisiteten er imidlertid jamt over betydelig større i tallverdi enn i de to norske analysene. Dette kan være et rimelig resultat. Substitusjonsmulighetene på lang sikt er sannsynligvis større i USA enn i Norge på grunn av bedre muligheter til å bruke gass i husholdningene.

Som nevnt i II.5. er det en svakhet ved mange analyser av elektrisitetsetterspørselen at observert gjennomsnittspris nyttes som forklaringsvariabel. De undersøkelsene som unngår dette og spesifiserer marginalpris i relasjonene (eventuelt i tillegg til en gjennomsnittspris) er i tabellen merket med en *. De beregnede elastisiteter i disse undersøkelsene refererer seg til marginalprisen. "Marginalpriselastisitetene" skiller seg ikke på noen systematisk måte fra de øvrige.

1) Analysene er omtalt og beskrevet i Taylor (1975) og Taylor (1976).

Også inntektselastisitetene for elektrisitet varierer fra analyse til analyse. Anslaget på den langsiktige inntektselastisiteten hos Blaalid & Log var om lag 1,0. Resultatene fra de utenlandske analysene varierer på begge sider av dette nivå.

Tabell 2. Pris- og inntektselastisiteter for husholdningenes etterspørsel etter elektrisitet *Price and income elasticities of the demand for electricity by households*

Forfatter *Author*	Priselastisitet *Price elasiticity*		Inntektselastisitet *Income elasticity*		Tidsperiode for data *Period for data*	Land *Country*
	Kort sikt *Short run*	Lang sikt *Long run*	Kort sikt *Short run*	Lang sikt *Long run*		
Rødseth & Strøm (1976)	-0,23	-0,28	1,31	.	1957-1975 (TS)	Norge
Blaalid & Log (1977) ..	-0,14	-0,29	0,50	1,04	1966-1975 (K)	Norge
Houthakker (1951)* ...	-0,89	.	1,16	.	1937,1938 (TV)	UK
Fisher & Kaysen (1962) .	-0,15	ca. 0	ca. 0,10	.	1947-1957 (K)	USA
Houthakker & Taylor (1970)	-0,13	-1,89	0,13	1,94	1947-1964 (TS)	USA
Mount, Chapman & Tyrell (1973)	-0,14	-1,20	0,02	0,20	1947-1970 (K)	USA
Anderson (1973)	.	-1,12	.	0,80	1960,1970 (TV)	USA
Houthakker, Verleger & Sheehan (1974)*	-0,90	-1,02	0,14	1,64	1960-1971 (K)	USA
Halvorsen (1973)	.	-1,10	.	0,50	1961-1969 (K)	USA
Taylor, Verleger & Blattenberger (1976)* .	-0,07	-0,81	0,09	1,05	1956-1972 (TS)	USA
Mount & Chapman (1976)*	-0,31	-1,17	0,16	0,61	-	USA
FEA (1976)	-0,19	-1,46	0,30	1,10	1960-1972 (K)	USA

TV = tverrsnittsanalyse *cross-section analysis*

TS = tidsserieanalyse *time-series analysis*

K = kombinert tverrsnitts-/tidsserieanalyse *combined cross-section/time-series analysis*

. = elastisiteten er ikke estimert *elasticity not estimated*

* = studier som spesifiserer marginalpris som forklaringsvariabel i etterspørselsfunksjonene *studies which specify marginal price in the demand function*

III. INDUSTRIENS ETTERSPØRSEL ETTER ENERGI

III.1. Innledning

Energi er nødvendig som innsatsfaktor i produksjonen av alle typer industriprodukter. Etterspørselen etter energivarer blir dermed avledet av etterspørselen etter disse produktene. I likhet med avsnittet om husholdningene vil vi også for industriens vedkommende starte med noen generelle teoretiske betraktninger om etterspørselen etter energi, og bl.a. definere ulike typer elastisiteter. Igjen vil det være relevant å skille mellom kortsiktige og langsiktige virkninger på etterspørselen.

Til nå er det gjort relativt lite i Norge for å analysere energietterspørselen i industrien. I motsetning til avsnittet om husholdningene vil derfor hovedvekten bli lagt på utenlandske, i første rekke amerikanske, undersøkelser.

De fleste av disse konkrete analysene behandler energiforbruket i hele industrien under ett. En oversikt over en del slike undersøkelser blir gitt i avsnitt III.5. De beregnede priselastisitetene fra disse analysene kan imidlertid gi et skjevt bilde av prisfølsomheten i den enkelte næring. I III.6. refererer vi derfor noen undersøkelser av energietterspørselen på et mer disaggregert industrinivå.

III.2. Litt produksjonsteori

I den tradisjonelle nyklassiske produksjonsteorien antas det at produksjonsmulighetene for en enkelt bedrift kan beskrives ved en produktfunksjon:

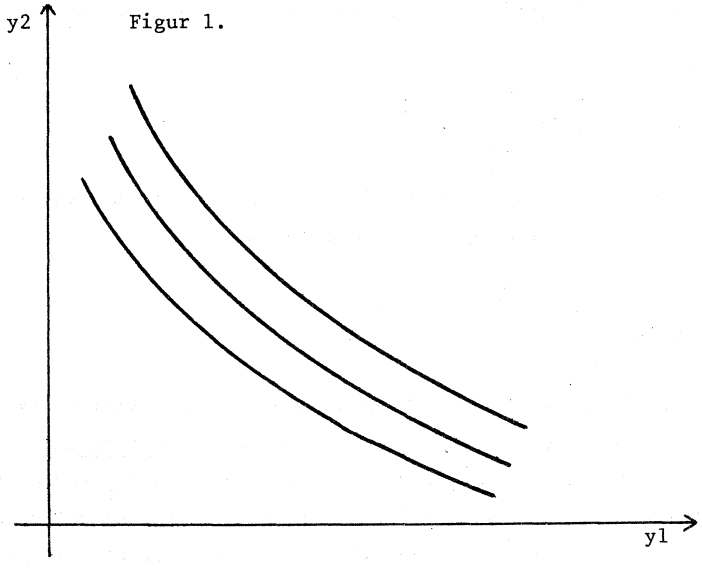
$$(1) \qquad X = F\,(y_1,\ldots,y_n),$$

hvor X angir produktmengden og y_i $(i = 1,\ldots,n)$ de innsatsfaktorer som går med til framstillingen av denne varen. Vil vil ikke her gå nærmere inn på de forutsetninger som vanligvis ligger til grunn for et slikt utgangspunkt.

Produktfunksjonen kan framstilles grafisk i et isokvantkart. I tofaktortilfellet vil dette kunne se ut som i figur 1.

De enkelte isokvanter angir hvilke kombinasjoner av innsatsfaktorene som gir samme produktmengde. Helningen langs (en vilkårlig av) disse linjene er gitt ved <u>den marginale substitusjonsbrøk</u>, s_{21}, definert ved:

$$(2) \qquad s_{21} = \frac{\partial F}{\partial y_1} \Big/ \frac{\partial F}{\partial y_2}\,.$$



Figur 1.

Denne størrelsen gir uttrykk for i hvilken grad innsatsfaktorene ved gitt produktmengde kan erstatte hverandre i produksjonsprosessen (substitusjonsmulighetene).

Ved den økonomiske tilpasningen forutsettes vanligvis at produsenten opptrer som prisfast kvantumstilpasser, dvs. tar produkt- og faktorpriser som data. Med dette utgangspunkt skal vi kort skissere to ulike tilpasningsformål:

Kostnadsminimalisering:

Produsenten antas her å minimere de variable kostnadene, C, for en gitt produksjonsmengde

(3) $C = \sum_{i=1}^{n} q_i y_i$; q_i angir faktorpris nr. i.

Minimering av C med (1) som restriksjon fører til tilpasningsbetingelsene:

(4) $s_{ji} = \frac{q_i}{q_j}$

som sammen med (1) implisitt definerer følgende etterspørselsrelasjoner for faktorene:

(5) $y_i = f_i(q_1,\ldots,q_n,X) \qquad (i = 1,\ldots,n).$

Det er her viktig å legge merke til at innsatsen av hver faktor kun er bestemt når faktorpisene og skalaen produksjonen skal drives i (X) er gitt. (5) innsatt i (3) gir de variable kostnader som funksjon av de samme variable:

$$(6) \qquad C = C(q_1, \ldots, q_n, X).$$

Den direkte priselastisitet for bedriftens etterspørsel etter produksjonsfaktor i, ε_{ii}, er i denne sammenheng definert som:

$$(7) \qquad \varepsilon_{ii} = \frac{\partial \log y_i}{\partial \log q_i},$$

og angir følgelig den prosentvise endring i innsatsen av faktor i som følge av at q_i øker med én prosent og alle andre priser og produktmengden holdes konstant. Det skjer altså en bevegelse langs en isokvant; ε_{ii} kan derfor sies å angi en ren substitusjonsvirkning. Tilsvarende kan man definere (n-1)n krysselastisiteter (ε_{ij}, $j \neq i$) samt n skalaelastisiteter (ε_{ix}).

Profittmaksimering:

Maksimering av profitten $r = pX - C$ for gitte priser på produksjonsfaktorene og produktet fører til 1. ordensbetingelsene for optimal tilpasning:

$$(8) \qquad p \frac{\partial F}{\partial y_i} = q_i \qquad (i = 1, \ldots, n).$$

Ved å sammenligne (8) og (4) ses at betingelsene for kostnadsminimum er nødvendige for at profitten skal være maksimal. (8) definerer etterspørselen etter hver faktor som funksjon av prisene:

$$(9) \qquad y_i = g_i(p, q_1, \ldots, q_n) \qquad (i = 1, \ldots, n).$$

Tilbudsfunksjonen for produktet kan utledes ved å sette inn (9) i (1):

$$(10) \qquad X = g(p, q_1, \ldots, q_n).$$

Med utgangspunkt i (9) kan en definere et nytt sett av priselastisiteter,

$$e_{ij} = \frac{\partial \log g_i}{\partial \log q_j},$$

som angir den prosentvise endringen i y_i som følge av at q_j øker med én prosent når alle andre priser holdes konstante. I motsetning til definisjonen av ε_{ij} er nå produktmengden ikke forutsett konstant. Produsenten

kan tilpasse produktmengden til nye relative priser. Vanligvis vil den kostnadsøkning som en økning i q_j innebærer føre til at produsenten reduserer tilbudt kvantum, dvs. at $\frac{\partial X}{\partial q_j} < 0$.

Vi kan få eksplisitt fram forskjellen på ε_{ij} og e_{ij} ved å eliminere X i relasjon (5) ved tilbudsfunksjonen (10).

$$(11) \qquad y_i = f_i(q_1,\ldots,q_n,\ g\ (p,\ q_1,\ldots,q_n)).$$

Ved å elastisitere denne med hensyn på q_j fås:

$$(12) \qquad e_{ij} = \varepsilon_{ij} + \varepsilon_{ix} \cdot \ell_{xj},$$

hvor

$$\varepsilon_{ix} = \frac{\partial \log f_i}{\partial \log X},\ \ell_{xj} = \frac{\partial \log g}{\partial \log q_j} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\partial \log F}{\partial \log y_i} \cdot e_{ij}.$$

Som tidligere nevnt kan ε_{ij} sies å representere en rendyrket substitusjonseffekt. Den totale priselastisiteten omfatter <u>i tillegg</u> leddet $\varepsilon_{ix} \cdot \ell_{xj}$ som er en skalaeffekt. I uttrykket for den direkte priselastisiteten, e_{ii}, kan det vises at skalaeffekten alltid er negativ, hvilket betyr at e_{ii} alltid er større enn ε_{ii} i tallverdi.

I konkrete analyser av en nærings eller sektors produksjonsstruktur må en av praktiske grunner slå sammen en del innsatsfaktorer. Dersom det er slik at den marginale substitusjonsbrøk for to faktorer innen én gruppe er uavhengig av innsatsen av faktorer utenfor denne gruppen[1], kan en slik aggregering forsvares fra et teoretisk synspunkt. Dette innebærer at produktfunksjonen (1) kan skrives på formen:

$$(13) \qquad \begin{aligned} X &= F(Y_1,\ldots,\ Y_N) \\ Y_s &= f_s(y_{(s)}), \end{aligned}$$

der $y_{(s)}$ representerer de faktorer som er med i gruppe s. Gruppene er forutsatt å være disjunkte. En funksjon av typen f_s kalles en kjernefunksjon. I enkelte undersøkelser spesifiseres disse eksplisitt.

Ovenfor viste vi hvordan en kostnadsfunksjon kan utledes fra en gitt produktfunksjon. Det kan vises at under visse betingelser vil kostnadsfunksjonen tilhørende (13) være separabel i de korresponderende faktorpriser,

1) Dette kalles i litteraturen svak separabilitet mellom grupper av produksjonsfaktorer.

dvs. at kostnadsfunksjonen kan skrives som

$$C = G\,(P_1,\ldots,P_N,\ X)$$

(14)

$$P_s = g_s(p_{(s)})^{1)},$$

der $p_{(s)}$ representerer prisene på faktorene i gruppe s.

I produksjonsstrukturen (13) kan en være interessert i substitusjonsforholdet mellom to (eller flere) faktorer som begge tilhører gruppe s, under forutsetning av at:

- produktmengden holdes konstant,
- faktorer som tilhører andre grupper holdes konstante,
- den totale mengden av den aggregerte innsatsfaktoren Y_s holdes konstant.

Dette leder til definisjon av det vi kan kalle bruttoelastisiteter, ε^*_{ij}:

(15) $$\varepsilon^*_{ij} = \frac{\partial \log y_i}{\partial \log p_j}\ ;\ i,j \in N_s.$$

For å skille disse fra de tidligere definerte elastisitetene, ε_{ij}, vil vi i det følgende kalle sistnevnte for nettoelastisiteter. I definisjonen av begge begrepene er det forutsatt at den samme produksjonen skal opprettholdes. Forskjellen ligger i at ε^*_{ij} gir virkningen på innsatsen av faktor y_i når bare faktorene innen tilhørende undergruppe tilpasses en endring i prisen p_j. ε_{ij} inkluderer også virkningen på y_i når produsenten "tillates" å variere innsatsen av faktorer utenfor denne gruppen.

Det bør understrekes at "bruttoelastisitet" ikke er noe entydig begrep. Det vil variere fra modell til modell alt etter som hvilke variable som er gruppert sammen og hvordan "hierarkiet av funksjonsfunksjoner" er bygd opp. De størrelser som blir betegnet som "bruttoelastisiteter" i ulike undersøkelser kan følgelig ikke uten videre sammenlignes.

Under visse forutsetninger kan følgende sammenheng utledes mellom ε_{ij} og ε^*_{ij}:

(16) $$\varepsilon_{ij} = \varepsilon^*_{ij} + \varepsilon_{ss}\, S_{js};\ \text{for i og j i gruppe s.}$$

ε_{ss} er elastisiteten av aggregatet Y_s med hensyn på prisindeksen P_s. S_{js} gir faktor j's andel av kostnaden ved å produsere aggregatet Y_s. Generelt vil ε_{ss} være negativ, slik at $\varepsilon_{ij} < \varepsilon^*_{ij}$.

I de empiriske undersøkelsene vi har gått igjennom blir det ikke alltid klart presisert hvilke elastisiteter som faktisk beregnes. Bare i

1) Forutsetningen for at disse funksjonene kan skrives på denne formen er at f_s-funksjonene er homogene av grad 1.

enkelte av analysene skilles det eksplisitt mellom brutto- og nettoelastisiteter. Et kjennetegn ved flertallet av de undersøkelsene vi har sett på er at de tar utgangspunkt i modeller som bygger på kostnadsminimalisering. Som vi har sett betyr dette at produktmengden betraktes som en eksogen variabel i analysen. Vi vil peke på at de framkomne resultater av denne grunn sannsynligvis innebærer en undervurdering av prisfølsomheten i industrien.

III.3. Korttids- eller langtidsvirkninger?

I de fleste økonometriske undersøkelser av husholdningenes etterspørsel etter energi har en lagt vekt på å få eksplisitt fram skillet mellom kort- og langtidseffekter. Dette gjelder ikke i samme grad analyser av industriens energiforbruk, tolkningen av beregningsresultatene som kort- eller langsiktige virkninger er ofte overlatt til leseren.

Mange forfattere tillegger datamaterialet stor vekt ved en slik vurdering. Et kombinert tverrsnitts-/tidsseriemateriale antas å generere mer langsiktige effekter enn rene tidsserier.

Nyere produksjonsteorier legger vekt på at det er forskjell på substitusjonsmulighetene på kort og lang sikt. Det antas at produsenten ved investeringsbeslutningen har valget mellom ulike typer kapitalutstyr, med ulik innsats av arbeidskraft, energi osv. Ved driften av et gitt utstyr er imidlertid produsenten bundet til faste forhold mellom de forskjellige innsatsfaktorer. Dette kan synes som en mer realistisk beskrivelse av virkeligheten enn den nyklassiske produksjonsteorien, men så vidt vi kjenner til er opplegget til nå ikke nyttet til analyser av energietterspørselen. De undersøkelsene vi skal ta for oss i denne oversikten bygger alle på den nyklassiske modellen i avsnitt III.2. over. De ulike forfatterne tolker stort sett resultatene som langtidseffekter.

III.4. Aggregering

Produksjonsteorien som beskrives i avsnitt III.2. tar utgangspunkt i en bedrift som produserer en bestemt vare. Alle analysene vi skal se nærmere på i det følgende omfatter grupper av bedrifter hvor hver enkelt bedrift kan produsere flere typer varer.

En rekke betingelser må være oppfylt for å representere produksjonsstrukturen i en næring eller sektor ved en produktfunksjon for det aggregerte produkt. I avsnitt III.2. ble begrepet svak separabilitet nevnt som en nødvendig forutsetning for å aggregere variable i en produktfunksjon. En annen dimensjon av aggregeringsproblemet er spørsmålet om sammenhengen mellom disse variable kan representeres ved én enkelt relasjon. De formelle betingelsene for at dette skal kunne gjøres er svært strenge. Det en analytiker må håpe på er at en spesifisert funksjonsform gir en brukbar tilnærmelse til de faktiske forhold. Ved tolkningen av beregnede størrelser

er det imidlertid viktig å være klar over at slike aggregeringsproblemer eksisterer. Hvis f.eks. priselastisitetene varierer mellom næringene, kan priselastisiteten for industrien totalt endres som følge av endret næringsstruktur, selv om elastisitetene i de enkelte næringer er konstante over tid.

III.5. Analyser på aggregert industrinivå

De analysene som vil bli trukket fram i denne artikkelen støtter seg som sagt alle på den nyklassiske produksjonsmodellen som ble skissert i avnitt III.2. Det blir altså antatt at det på aggregert industrinivå eksisterer en produktfunksjon av formen:

$$(17) \qquad X = F\ (K,\ L,\ M,\ E_1, \ldots, E_m),$$

hvor

X = produksjon
K = samlet innstats av kapital
L = samlet innsats av arbeidskraft
M = et mål for all annen vareinnsats
E_i = energivare nr. i.

Som nevnt tidligere vil det bak en slik formulering ligge spesielle forutsetninger om separabilitet.

Flere forfattere foretar i utgangspunktet en ytterligere aggregering av energivarer, ved kun å spesifisere en indeks for total energiinnsats i produktfunksjonen, slik at:

$$(18) \qquad X = F\ (K,\ L,\ M,\ E).$$

Dette forutsetter implisitt at (17) kan skrives

$$(19) \qquad X = F\left[K,\ L,\ M,\ E\ (E_1, \ldots, E_m)\right].$$

I avsnitt III.2. skisserte vi også hvordan etterspørselsfunksjoner for produksjonsfaktorene kan avledes av (17) samt tilpasningsbetingelser. For mange analytiske spesifiserte funksjonsformer vil dette være en uoverkommelig oppgave rent matematisk. De fleste som engasjerer seg på dette feltet postulerer derfor direkte en kostnadsfunksjon. Det kan vises at etterspørselsrelasjoner av typen (5) kan avledes ved å derivere denne

kostnadsfunksjonen med hensyn på vedkommende faktorpris.[1] Gitt kostnadsfunksjonen

$$(20) \qquad C = G\,(P_K, P_L, P_M, P_{E_1}, \ldots, P_{E_m}, X),$$

har vi

$$(21) \qquad E_i = f_i(P_K, P_L, P_M, P_{E_1}, \ldots, P_{E_m}, X) \equiv \frac{\partial G}{\partial P_{E_i}}$$

I de fleste undersøkelser fra de seinere år anvendes en <u>translog-funksjon</u> ved spesifikasjonen av relasjon (20). Denne er av formen:

$$(22) \qquad \log C = \log \alpha_o + \Sigma\alpha_i \log P_i + \alpha_x \log X + \tfrac{1}{2}\,\Sigma\,\Sigma\,\gamma_{ij} \log P_i \log P_j + \Sigma\,\gamma_{ix} \log X \log P_i + \tfrac{1}{2}\,\gamma_{xx}\,(\log X)^2.$$

Dette er en generell 2. ordens tilnærmelse til enhver kontinuerlig og to ganger deriverbar funksjon. I begrunnelsen for dette valget blir det også framhevet at funksjonsformen legger få a priori restriksjoner på de parametrene som skal beregnes.

Ved å nytte seg av egenskapen (21) fås:

$$(23) \qquad S_i = \alpha_i + \Sigma\gamma_{ij} \log P_j + \gamma_{ix} \log X; \text{ hvor}$$

$$S_i = \frac{\partial \log C}{\partial \log P_i} \text{ er kostnadsandelen for faktor i.}$$

Det er relasjonen (23) som anvendes i den konkrete estimeringen.

III.5.a. E.R. Berndt & D.W. Wood (1975)

Denne studien har som hovedformål å analysere substitusjonsforholdene mellom energi totalt og andre innsatsfaktorer. Berndt & Wood antar at det for hele industrisektoren i USA eksisterer en produktfunksjon av typen (18). Dette innebærer altså en forutsetning om separabilitet mellom gruppene kapital, arbeidskraft, energi og annen vareinnsats. Det tas utgangspunkt i en translog-kostnadsfunksjon som estimeres på grunnlag av årlige observasjoner av de variable i perioden 1947-1971.

Ut fra de estimerte relasjoner blir det beregnet priselastisiteter av typen ε_{ij} (jfr. avsnitt III.2) for fem utvalgte år i perioden. Resultatene for 1971 er gjengitt i tabell 1.

---

1) Denne egenskapen kalles ofte for "Skephard's lemma". Betegnelsen refererer seg til Shephard (1953), men teoremet ble postulert så tidlig som i 1932 av Hotelling (1932). En nærmere redegjørelse for denne egenskapen ved kostnadsfunksjonen er gitt i Diewert (1971).

Tabell 1. Nettoelastisiteter i industrien. USA. 1971 *Net elasticities in manufacturing. USA. 1971*

	Med hensyn på prisen på *With respect to the price of*			
	Kapital (K) *Capital (K)*	Arbeids-kraft (L) *Labour (L)*	Energi (E) *Energy (E)*	Andre inn-satsvarer (M) *Materials*
Elastisiteten av: *Elasticity of:*				
Kapital (K) *Capital (K)*	-0,44	0,30	-0,16	0,30
Arbeidskraft (L) *Labour (L)*	0,05	-0,45	0,03	0,37
Energi (E) *Energy (E)* .	-0,17	0,20	-0,49	0,46
Andre innsatsvarer (M) *Materials (M)*	0,02	0,18	0,03	-0,24

K i l d e: Berndt & Wood (1975). *Source: Berndt & Wood (1975).*

Blant disse anslagene kan vi spesielt legge merke til at den direkte priselastisiteten, ε_{EE}, er tilnærmet lik -0,5. Videre tyder resultatene på at energi og arbeidskraft er alternative i etterspørselen (ε_{LE} og ε_{EL} er positive). Dette innebærer at en økning i energiprisen fører til økt bruk av arbeidskraft (når samme produksjonskvantum skal realiseres). Energi og kapital er derimot komplementære (ε_{EK} og ε_{KE} er negative), økt energipris vil etter dette føre til at produsentene reduserer innsatsen av realkapital.

III.5.b. J. M. Griffin & P. R. Gregory (1976)

Utgangspunktet for Griffin & Gregory er det samme som for Berndt & Wood: de ønsker å teste den implisitte forutsetning som ligger til grunn for utforming av mange energiprognoser, nemlig at det er et fast forhold mellom energiforbruk og produksjonen, uavhengig av relative priser.

Startpunktet er igjen en produktfunksjon av typen (18) med tilhørende kostnadsfunksjon. Forfatterne henviser til ovenfornevnte undersøkelse av Berndt & Wood, og mener å kunne påvise svakheter i datamaterialet i denne analysen. For det første framfører Griffin & Gregory at bruk av tidsseriedata i økonometriske undersøkelser kan inkludere kortsiktige svingninger i de variable. De mener dette kan gi forklaringen på at Berndt & Wood fikk at energi og kapital er komplementære innsatsfaktorer. På lang sikt mener Griffin & Gregory at også disse innsatsfaktorene er alternative i etterspørselen.

Videre hevder de at prisvariasjonene i materialet til Berndt & Wood er små, noe som kan gi usikre estimater.

For å unngå disse problemene velger Griffin & Gregory å nytte et kombinert tverrsnitts-/tidsseriemateriale, nærmere bestemt industridata for 9 ulike land, deriblant Norge, i perioden 1965-1969.

På grunn av vanskeligheter med å skaffe prisdata for samlet vareinnsats forutsetter forfatterne at kostnadsfunksjonen[1] er av formen:

$$(24) \qquad \frac{C}{X} = G\left[\phi(P_K, P_L, P_E), P_M\right].$$

På grunn av nevnte dataproblemer velger Giffin & Gregory å arbeide videre med "aggregatfunksjonen" $\phi = \phi(P_K, P_L, P_E)$. Denne blir spesifisert som en translogfunksjon som er lineært homogen i prisene.

Ved estimeringen anvender forfatterne ulike modeller. I første omgang nytter de en translogfunksjon hvor parametrene ikke har noen indeks for å angi land. Deretter undersøker de om modellens forklaringskraft øker når parametrene varierer fra land til land. De får ikke noe entydig svar på dette spørsmål, de to modellspesifikasjoner gir for øvrig nesten identiske anslag på priselastisitetene.

I translogmodellen vil elastisitetene variere fra land til land og fra år til år. Tabell 2 under viser anslag for to land, Norge og USA, i året 1965. Det bør her understrekes at disse må betraktes som bruttoelastisiteter i tidligere nevnte forstand. Griffin & Gregory analyserer substitusjonsmulighetene under forutsetning av at aggregatet ϕ holdes konstant. Fordi produsentene generelt vil ha muligheter til å substituere mellom dette aggregatet og annen vareinnsats, M, vil analysen trolig underestimere prisfølsomheten i industrien.

Tabell 2. Bruttoelastisiteter i industrien. 1965 *Gross elasticities in manufacturing. 1965*

	Norge *Norway*	USA *USA*
ε^*_{EE}	-0,77	-0,79
ε^*_{EK}	0,33	0,15
ε^*_{EL}	0,45	0,64
ε^*_{KE}	0,17	0,13
ε^*_{LE}	0,14	0,11

K i l d e: Griffin & Gregory (1976) *Source: Griffin & Gregory (1976).*

1) (24) er en funksjon for enhetskostnadene. At denne kan skrives på formen (24) innebærer en forutsetning om at kostnadsfunksjonen er homogen av grad 1 i X.

Av resultatene kan en spesielt legge merke til at den direkte priselastisiteten for energi er høyere i tallverdi enn hos Berndt & Wood. Videre ser vi at energi og kapital (på lang sikt ifølge Griffin & Gregory) er alternative i etterspørselen (ε^*_{EK} og ε^*_{KE} er positive).

III.5.c. E. R. Berndt & D. W. Wood (1977)

I et arbeidsnotat fra 1977 foretar Berndt & Wood nok en gang en studie av den totale energietterspørselen i amerikansk industri. Arbeidet er delvis av teoretisk art og poengterer nettopp at en ved å innføre separabilitetsforutsetninger eksplisitt i modellen kan definere ulike elastisitetsbegreper, alt avhengig av hvilke variable som tillates å variere. Forfatterne er spesielt opptatt av å forklare hvordan energi og kapital framtrer som substitutter hos Griffin & Gregory, mens de selv tidligere har estimert disse til å være komplementer.

For å se om disse to tilsynelatende motstridende resultater lar seg forene innenfor samme opplegg, spesifiserer de en modell av følgende type:

(25) $X = F\,(f^*(K,E),\ h^*(L,M))$, med tilhørende kostnadsfunksjon:

(26) $\frac{C}{X} = G(f(P_K,P_E),\ h(P_L,P_M))$.

f- og h-funksjonene blir spesifisert som translogfunksjoner, mens Berndt & Wood for G-funksjonen velger en Cobb - Douglas-form (se s. 41). Estimeringen av G-funksjonen blir derved særlig enkel.

Beregningene blir basert på det samme datamaterialet som ved Berndt & Wood (1975). Det viser seg at modellen føyer seg godt til disse observasjonene.

På grunnlag av de estimerte koeffisienter presenterer forfatterne anslag på brutto- og nettoelastisiteter beregnet for det siste året i observasjonsmaterialet (1971). De nytter da en formel svarende til (16). De elastisitetene som refererer seg til kjernefunksjonen $f^*(K,E)$ er stilt opp i tabell 3.

Det framgår av disse resultatene at det kan være betydelig forskjell på brutto- og nettoelastisiteter. Vi legger merke til at for alle kombinasjonene er nettoeffektene betydelig større i tallverdi enn bruttovirkningene.

Videre oppnår Berndt & Wood i denne analysen å illustrere at selv om energi og kapital er alternative innenfor en kjernefunksjon (ε^*_{KE} og ε^*_{EK} er positive), kan de samme faktorene være komplementære i etterspørselen når man også inkluderer substitusjon mellom grupper av variable i produktfunksjonen (det må imidlertid understrekes at bruttoelastisitetene i henholdsvis tabellene 2 og 3 ikke er direkte sammenlignbare på grunn av forskjellige modellformuleringer).

Tabell 3. Brutto- og nettoelastisiteter i industrien. USA. 1971
Gross and net elasticities in manufacturing. USA. 1971

ij	Bruttoelastisiteter *Gross elasticities* ε^{*}_{ij}	Nettoelastisiteter *Net elacticities* ε_{ij}
KK	-0,126	-0,588
EE	-0,133	-0,573
KE	0,126	-0,314
EK	0,133	-0,329

K i l d e: Berndt & Wood (1977). *Source: Berndt & Wood (1977).*

III.5.d. R. S. Pindyck (1977)

De undersøkelsene vi til nå har trukket fram har analysert samlet forbruk av energi i industrien. Som vi tidligere har vært inne på kan aggregeringsproblemer gjøre at dette er utilfredsstillende. En annen grunn til å betrakte energi mer disaggregert er selvfølgelig interessen for etterspørselen etter hver enkelt energivare.

I et arbeidsnotat fra 1977 spesifiserer Pindyck fire energivarer i produktfunksjonen; kull (c), olje (o), gass (g) og elektrisitet (e). Det forutsettes at produktfunksjonen er separabel i aggregatene K, L, M og E, hvor E er en indeks for total energiinnsats. Som tidligere nevnt får kostnadsfunksjonen korresponderende egenskaper i prisene.

I likhet med Griffin & Gregory nytter Pindyck seg av et internasjonalt tverrsnitts-/tidsseriemateriale. Han støter på samme problem med å få tak i observasjoner av en prisindeks for samlet vareinnsats, og forutsetter derfor videre at K, L og E utgjør en separabel gruppe. Pindyck postulerer en kostnadsfunksjon av typen:

$$(27) \qquad C = G\{g[P_K, P_L, P_E(P_c, P_o, P_g, P_e), X], P_M, X\}.$$

Det er noe spesielt at produsert kvantum, X, inngår som argument i kjernefunksjonen g.. Generelt vil aggregatet av K, L og E være den relevante variabel å spesifisere her. Formuleringen (27) kan forsvares ved å anta et fast forhold mellom dette aggregatet og X.

Pindyck forutsetter eksplisitt at P_E-funksjonen er homogen av grad én (dette gjør at toal energiinnsats ikke opptrer som argument i denne funksjonen).

Ved estimeringen av denne modellen er g-funksjonen den mest "omfattende" relasjonen. De estimerte størrelsene kan derfor tolkes som bruttoelastisiteter.

På grunn av forutsetningen om at energivarene inngår i en separabel blokk, kan en studere substitusjonsforholdene innenfor denne undergruppen. Dermed kan bruttoelastisitetene dekomponeres et hakk videre. η_{ij} kan defineres som elastisiteten av energivare i mhp. prisen på energivare j, når total energiinnsats og alle ikke-energivariable holdes konstante. Sammenhengen mellom ε^*_{ij} og η_{ij} blir helt analog med relasjonen mellom ε_{ij} og ε^*_{ij}. (Jfr. (16).) Det vil si

$$(28) \qquad \varepsilon^*_{ij} = \eta_{ij} + \varepsilon^*_{EE} M_j,$$

hvor M_j er den andel som kostnaden til energivare j utgjør av den totale energikostnaden.

Datamaterialet som nyttes er årlige observasjoner av de variable for ti land, deriblant Norge, i perioden 1959-1974.

Beregningene foregår i to trinn: først estimeres parametrene i funksjonen for gjennomsnittlig energikostnad, P_E. Med utgangspunkt i disse kan Pindyck regne seg fram til elastisiteter av typen η_{ij}, dessuten får en anslag på kostnadsandelene, M_j.

Den estimerte relasjonen brukes så videre til å generere et sett "observasjoner" for gjennomsnittlig energipris, P_E, som sammen med observasjoner for de øvrige variable nyttes til å estimere g-funksjonen. Forfatteren kan dermed regne seg fram til elastisiteter av typen ε^*_{ij} (i,j=K,L,E). Anslaget for ε^*_{EE} brukes så til slutt til å regne ut bruttoelastisiteter for de ulike energivarene.

I tabell 4 har vi stilt opp de to sett av elastisiteter for energivarene, mens tabell 5 illustrerer priselastisitetene knyttet til aggregatene arbeidskraft, kapital og energi. Vi gjengir resultatene for Norge, Canada og USA. Det er i notatet ikke sagt noe om hvilket år disse anslagene refererer seg til. Det er imidlertid rimelig å anta at Pindyck har satt inn gjennomsnittsverdier i observasjonsmaterialet. Ved vurderingen av anslagene for Norge bør en være oppmerksom på at det i siste del av observasjonsperioden har vært rasjonering av elektrisitet til kraftintensiv industri. Dette bryter med forutsetningene i modellen (prisfast kvantumstilpasning).

Vi legger her merke til at anslaget på den direkte priselastisiteten for energi, ε^*_{EE}, er noe større i tallverdi enn i de øvrige undersøkelsene vi har sett på. Både kapital og arbeidskraft står i positivt substitusjonsforhold til energi, vurdert ut fra bruttoelastisiteter. For de enkelte energivarene i tabell 4 er den direkte priselastisiteten særlig høy for kull (bruttoelastisitet på -2,15 for Norge). Vi ser at elektrisitetsforbruket er lite elastisk mhp. egen pris dersom total energiinnsats skal opprettholdes (η_{ee} = -0,08), men at prisfølsomheten øker betydelig når substitusjon mellom energi og øvrige innsatsfaktorer tas i betraktning (ε^*_{ee} = -0,62).

Tabell 4. Priselastisiteter i industrien. 1959-1974 *Price elasticities in manufacturing. 1959-1974*

ij	Norge *Norway*		USA *USA*		Canada *Canada*	
	η_{ij} 1)	ε^*_{ij} 2)	η_{ij} 1)	ε^*_{ij} 2)	η_{ij} 1)	ε^*_{ij} 2)
cc	-2,08	-2,15	-2,17	-2,24	-1,80	-1,89
co	0,37	0,15	0,99	0,92	0,91	0,69
cg	1,34	1,33	1,66	1,50	1,17	1,08
ce	0,37	-0,16	-0,48	-1,03	-0,28	-0,75
oc	0,12	0,05	0,97	0,90	0,41	0,31
oo	-0,34	-0,56	-1,10	-1,17	-0,81	-1,03
og	-0,09	-0,09	-0,72	-0,88	-0,21	-0,29
oe	0,30	-0,24	0,85	0,30	0,61	0,14
gc	-	-	0,72	0,65	1,35	1,25
go	-	-	-0,32	-0,38	-0,53	-0,75
gg	-	-	-0,52	-0,67	-0,33	-0,41
ge	-	-	0,12	-0,43	-0,49	-0,96
ec	0,05	-0,02	-0,06	-0,13	-0,06	-0,15
eo	0,12	-0,10	0,11	0,04	0,28	0,06
eg	-0,09	-0,09	0,03	-0,13	-0,09	-0,17
ee	-0,08	-0,62	-0,08	-0,63	-0,14	-0,61

c = kull *coal*

o = olje *oil*

g = naturgass *natural gas*

e = elektrisitet *electricity*

1) Total energiinnsats og alle ikke-energivarer holdes konstant. 2) Energi, arbeidskraft og kapital varierer, men aggregatet av disse (definert ved g-funksjonen) holdes konstant.
1) Total energy input and all non-energy inputs are kept constant.
2) Energy, labour and capital are allowed to vary, but the aggregate of these three inputs (defined by the g-function) is kept constant.

K i l d e: Pindyck (1977). *Source: Pindyck (1977).*

Tabell 5. Bruttoelastisiteter for total energi i industrien. 1959-1974
Gross elasticities for total energy input in manufacturing. 1959-1974

	Norge *Norway*	USA *USA*	Canada *Canada*
ε^*_{EE}	-0,83	-0,75	-0,82
ε^*_{KE}	0,05	0,02	0,04
ε^*_{EK}	0,33	0,28	0,34
ε^*_{EL}	0,50	0,47	0,48
ε^*_{LE}	0,06	0,03	0,05

K i l d e: Pindyck (1977). *Source: Pindyck (1977).*

III.5.e. M. A. Fuss (1977)

I en artikkel fra 1977 analyserer Fuss etterspørselen etter ulike energivarer i kanadisk industri. Seks energivarer spesifiseres i produksjonsstrukturen: kull (c), LPG[1] (l), fyringsolje (o), naturgass (g), bensin (b) og elektrisitet (e). Forbruket av disse varene analyseres igjen simultant med innsatsen av arbeidskraft, kapital og annen vareinnsats.

Kostnadsfunksjonen spesifiseres på formen:

$$(29) \qquad C = G\left[P_K, P_L, P_M, P_E(P_c, \ldots, P_e), X\right],$$

som altså innebærer at samlet energiinnsats er separabel fra øvrige faktorer. Dette gjør at etterspørselen etter energivarene kan analyseres i to trinn (jfr. Pindyck's modell): først estimeres elastisiteter av typen η_{ij}, deretter inkluderes også substitusjonen mellom total energi og øvrige produksjonsfaktorer. Da analysen også omfatter substitusjon overfor "annen vareinnsats", får Fuss beregnet nettoelastisiteter for varene K, L, E og M. Nettoelastisiteter for de enkelte energivarene finnes ved formelen:

$$(30) \qquad \varepsilon_{ij} = \eta_{ij} + \varepsilon_{EE} M_j .$$

Ved estimeringen nytter Fuss seg av årlige observasjoner av de variable i fire kanadiske distrikter i perioden 1961-1977. Også denne analysen anvender translogfunksjoner, P_E-funksjonen forutsettes som vanlig å være lineært homogen i prisene. I begge modellene innføres et sett av regionspesifikke "dummy -variable" for å ta vare på systematiske variasjoner mellom de fire regioner som ikke forklares av de øvrige spesifiserte variable i modellen.

1) Omfatter butan og propan (flaskegass).

Elastisiteter blir beregnet for gjennomsnittet i observasjonsmaterialet for ett av distriktene (Ontario). Tabell 6 gjengir beregnede nettoelastisiteter for de seks energivarene. Korresponderende elastisiteter av typen η_{ij} er gjengitt i tabell 7.

Tabell 6. Nettoelastisiteter (ε_{ij}) for industrien. Canada. 1961-1971
Net elasticities (ε_{ij}) in manufacturing. Canada. 1961-1971

	Med hensyn på prisen på *With respect to the price of*					
	Kull(c) *Coal(c)*	LPG(l) *LPG(l)*	Olje(o) *Oil(o)*	Gass(g) *Natural gas(g)*	Bensin(b) *Gasoline(b)*	Elektrisitet (e) *Electricity(e)*
Elastisiteten av: *Elasticity of:*						
Kull (c) *Coal (c)* ..	-1,48	0,27	0,23	0,64	-0,17	0,02
LPG (l) *LPG (l)*	0,02	-2,39	0,00	0,02	0,13	0,00
Olje (o) *Oil (o)* ...	0,24	-0,04	-1,30	0,09	-0,20	0,19
Gass (g) *Natural gas (g)*	0,76	0,45	0,11	-1,30	0,60	-0,07
Bensin (b) *Gasoline (b)*	-0,08	1,36	-0,08	0,23	-1,59	0,12
Elektrisitet (e) *Electricity (e)*	0,05	-0,15	0,55	-0,18	0,74	-0,74

K i l d e: Fuss (1977). *Source: Fuss (1977).*

Vi kan notere at alle de direkte priselastisitetene har fått "riktig". fortegn. Mest elastisk i etterspørselen er LPG, mens elektrisitet har den laveste priselastisiteten (-0,74). Det bør bemerkes at for én av energivarene, motorbensin, var usikkerheten på estimatet (målt ved det statistiske standardavviket) svært stor.

Subsitusjonen mellom energi totalt og andre produksjonsfaktorer er i tabell 8 belyst ved anslag på elastisiteter mellom de fire aggregerte innsatsfaktorene.

Forfatteren peker på at disse anslagene er i god overensstemmelse med resultater fra tidligere undersøkelser. Spesielt interessant er at også i denne undersøkelsen tyder beregning av nettoelastisiteter på at energi og kapital er (svakt) komplementære i etterspørselen. Da det i analysen er nyttet et kombinert tverrsnitts-/tidsseriemateriale kan det være rimelig å anta at de estimerte størrelser gir langtidseffekter.

Tabell 7. Priselastisiteter (η_{ij}) når total energiinnsats og alle ikke-energivarer holdes konstant. Canada. 1961-1971 *Price elasticities (η_{ij}) when total energy input and all non-energy inputs are kept constant. Canada. 1961-1971*

	Med hensyn på prisen på *With respect to the price of*					
	Kull(c) *Coal(c)*	LPG(l) *LPG(l)*	Olje(o) *Oil(o)*	Gass(g) *Natural gas(g)*	Bensin(b) *Gasoline(b)*	Elektrisitet(e) *Electricity(e)*
Elastisiteten av: *Elasticity of:*						
Kull (c) *Coal (c)* ..	-1,41	0,34	0,30	0,71	-0,10	0,09
LPG (l) *LPG (l)*	0,02	-2,39	0,00	0,02	0,13	0,00
Olje (o) *Oil (o)* ...	0,32	0,04	-1,22	0,17	-0,12	0,27
Gass (g) *Natural gas (g)*	0,85	0,54	0,20	-1,21	0,69	0,02
Bensin (b) *Gasoline (b)*	-0,05	1,39	-0,05	0,26	-1,56	0,15
Elektrisitet (e) *Electricity (e)*	0,27	0,07	0,77	0,04	0,96	-0,52

K i l d e: Fuss (1977). *Source: Fuss (1977).*

Tabell 8. Nettoelastisiteter. Canada. 1961-1971 *Net elasticities. Canada. 1961-1971*

	Med hensyn på prisen på *With respect to the price of*			
	Energi(E) *Energy(E)*	Arbeidskraft(L) *Labour(L)*	Annen vareinnsats(M) *Materials(M)*	Kapital(K) *Capital(K)*
Elastisiteten av: *Elasticity of:*				
Energi (E) *Energy (E)*	-0,49	0,04	0,00	0,00
Arbeidskraft (L) *Labour (L)*	0,55	-0,49	0,11	0,20
Annen vareinnsats (M) *Materials (M)*	-0,02	0,25	-0,36	0,57
Kapital (K) *Capital (K)* ..	-0,05	0,20	0,25	-0,76

K i l d e: Fuss (1977). *Source: Fuss (1977).*

III.5.f. T. D. Mount, L. D. Chapman & T. J. Tyrell (1973)

Forfatterne analyserer etterspørselen etter elektrisitet for tre konsumentgrupper (industrien, husholdning og tjenesteytende virksomhet). Datamaterialet er årlige observasjoner for 48 stater i USA fra 1948 til 1970, det vil si en tidsrekke av tverrsnittsdata. Følgende etterspørselsfunksjon[1] spesifiseres:

$$(31) \qquad Q_{it} = A \cdot V_{1it}^{\beta_1} \cdot V_{2it}^{\beta_2} \cdot V_{3it}^{\beta_3} \cdot V_{4it}^{\beta_4} \, Q_{i,t-1}^{\beta_5}$$

Q_{it} = elektrisitetsforbruket i industrien

V_{1it} = befolkningen

V_{2it} = inntekten

V_{3it} = elektrisitetsprisen (gjennomsnittlig)

V_{4it} = gassprisen

i og t refererer seg til henholdsvis stat og år. A og β_1, β_2, β_3, β_4 og β_5 er koeffisienter som skal estimeres.

Forfatterne går ikke nærmere inn på tolkningen at denne relasjonen. Det er derfor noe uklart hvorfor inntekten tas med som forklaringsvariable for industriens elektrisitetsforbruk. Da elektrisitetsforbruket i foregående periode inngår som forklaringsvariabel gir modellen anslag på kort- og langtidselastisiteter. Korttidselastisitetene er lik β_1, β_2, β_3 og β_4 og er altså konstante størrelser, langtidselastisiteter fås ved å sette $Q_t = Q_{t-1}$.

Koeffisientene i relasjonen estimeres med minste kvadraters metode. De beregnede kort- og langsiktelastisiteter for industrien er gjengitt i tabell 9.

Tabell 9. Elektrisitetselastisiteter. USA. 1948-1970 *Elasticities of electricity demand. USA. 1948-1970*

	Korttidselastisitet *Short-term elasticity*	Langtidselastisitet *Long-term elasticity*
Befolkning *Population*	0,12	1,09
Inntekt *Income* ...	0,08	0,72
Elektrisitetspris *Electricity price* .	-0,20	-1,79
Gasspris *Gas price*	0,00	0,00

K i l d e: Mount, Chapman & Tyrell (1973).
Source: Mount, Chapman & Tyrell (1973).

1) Denne analytiske funksjonsformen kalles en Cobb-Douglas-funksjon.

Vi ser at virkningen på elektrisitetsetterspørselen av en endring i de forklaringsvariable er betydelig sterkere på lang sikt enn på kort sikt. Den direkte priselastisiteten er (på lang sikt) større i tallverdi enn resultater fra andre undersøkelser tyder på. En svakhet ved denne modellen er at det ikke tas hensyn til substitusjon mellom elektrisitet (energi) og innsatsfaktorer som arbeidskraft, kapital og annen vareinnsats.

III.6. Analyser av de enkelte industrigrupper

III.6.a. R. E. Baxter & R. Rees (1968)

Denne undersøkelsen fra 1968 analyserer etterspørselen etter elektrisitet. Det antas at bedriftene har produktfunksjoner av Cobb-Douglas typen. Innsatsfaktorene er arbeidskraft, kapital, olje, gass, kull og elektrisitet. Tre ulike grupper av modeller spesifiseres.

I den første modellen antas at bedriftene minimerer kostnadene med gitt produksjonsvolum. Baxter & Rees kommer fram til en relasjon hvor elektrisitetsetterspørselen bestemmes av prisene på innsatsfaktorene og produksjonsmengden.

I en annen modellutforming trekkes også den tekniske utvikling eksplisitt inn. Dette gjøres ved å inkludere kullforbruket som forklaringsvariabel. Ifølge forfatterne vil endringer i "energiteknologien" reflekteres via redusert bruk av kull.

I den tredje modellen antas at forholdet mellom utviklingen i elektrisitetsforbruket og produksjonsindeksen er konstant. Eventuelle avvik fra denne konstante sammenhengen skyldes endringer i relative priser eller kapital- og arbeidskraftintensiteter.

For hver av disse modelltypene undersøker forfatterne flere analytiske spesifikasjoner av relasjonene. I alle relasjonene føres dessuten inn elektrisitetsforbruket i foregående periode som forklaringsvariabel. Dermed kan langtidselastisiteter beregnes. I alt 13 relasjoner estimeres med kvartalsvise data fra Storbritannia i perioden 1954-1964. Industrien er inndelt i 16 næringsgrupper. Av plasshensyn gjengir vi kun resultatene fra estimering av etterspørselsfunksjonen:

$$(32) \qquad E_t = A \cdot X_t^{\beta_1} \cdot T_t^{\beta_2} \cdot \left(\frac{P}{F}\right)_t^{\beta_3} \cdot E_{t-1}^{\lambda},$$

hvor E_t er elektrisitetsforbruket, X_t en produksjonsindeks, T_t temperaturen, P elektrisitetsprisen og F en prisindeks for de øvrige energibærerne.

Tabell 10. Langtidselastisiteter i industrien. Storbritannia. 1954-1964
Long-term elasticities in manufacturing. United Kingdom. 1954-1964

Næringsgruppe *Industry group*	Elastisiteten av elektrisitetsforbruket *Elasticity of electricity demand*	
	Med hensyn på produksjonen (X) *With respect to the production (X)*	Med hensyn på relativ energipris ($\frac{P}{F}$) *With respect to the relative energy price ($\frac{P}{F}$)*
Næringsmidler, drikkevarer, tobakk *Food, drink, tobacco*	2,6	-0,4*
Kjemiske produkter *Chemicals*	0,8	-1,1
Ikke-jernholdige metaller *Non-ferrous metals*	1,3	-0,8*
Jern og stål *Iron and steel*	1,5	-2,3*
"Engineering" *Engeneering*	0,9	-0,6
Kjøretøyproduksjon *Vehicles*	1,2	-1,4*
Skipsverft *Shipbuilding*	-0,6*	-0,9*
Andre metaller *Metals*	0,6	-2,3
Tekstiler *Textiles*	1,3	-1,7
Lær og pels *Leather and fur*	0,3*	-2,5*
Produksjon av klær *Clothing*	0,2*	-2,4*
Trevareproduksjon *Timber*	0,2*	-3,2*
Sementindustri *Bricks*	0,7	-0,7
Treforedling *Paper*	0,7	-1,1
Annen industri *Other manufacturing*	1,2	-1,2*
Bergverk *Mining and quarrying* ...	-2,0	-2,0

*) Beregnet på grunnlag av koeffisienter som ikke er signifikant forskjellige fra null med 5 prosent nivå.
*) *Calculated from coefficients not significantly different from zero on a 5 per cent level.*

K i l d e: Baxter & Rees (1968). *Source: Baxter & Rees (1968).*

Vi merker oss at elastisitetene varierer til dels kraftig mellom de ulike industrigrupper. Den direkte priselastisiteten er negativ for alle gruppene. Bare 7 av 16 priselastisiteter er signifikant forskjellige fra null. En bør her være oppmerksom på at prisdata er hentet fra engrosprisindeksen og gjelder hele industrien. Det tas altså ikke hensyn til prisvariasjoner mellom industrigrupper.

For øvrig ble hypotesen om konstant forhold mellom utviklingen i elektrisitetsforbruket og produksjonsindeksen forkastet.

III.6.b. D. B. Humphrey (1977)

I en studie fra 1977 analyserer Humphrey substitusjonen mellom de ulike energibærerne for 11 ulike industrigrupper i USA i 1962. Hensikten er å undersøke om kull kan erstatte andre energibærere i industrien. Datamaterialet består av tverrsnittsobservasjoner. De 11 gruppene dekker om lag 85 prosent av industriens samlede energiforbruk.

Det antas svak separabilitet mellom kull, olje, naturgass og elektrisitet på den ene siden og alle andre innsatsfaktorer i produksjonen på den andre siden. I utgangspunktet postuleres altså en kostnadsfunksjon av typen (29). Mens for eksempel Fuss (1977) analyserer etterspørselen etter energivarene i to trinn, studerer Humphrey kun hvordan de ulike energivarene kan erstatte hverandre når total energiinnsats skal være konstant. De beregnede priselastisiteter er derfor av typen η_{ij} hos Fuss og Pindyck.

For hver næring presenterer Humphrey anslag på såkalte Allen partielle substitusjonselastisiteter, σ_{ij}. Det kan vises at sammenhengen mellom disse substitusjonselastisitetene og priselastisitetene er gitt ved:

(33) $\eta_{ij} = M_j \sigma_{ij}$, hvor M_j er kostnadsandelen for energivare, j.[1)]

Resultatene tyder på at substitusjonsmulighetene varierer betydelig mellom de ulike næringene.[2)]

Av 66 substitusjonselastisiteter ble 17 signifikant forskjellige fra null. Kun i tre tilfelle (av 33 mulige) er substitusjonselastisiteten mellom kull og en annen energibærer signifikant forskjellig fra null. Humphrey trekker dermed den konklusjon at kull kun i få næringsgrupper kan erstattes med andre energibærere. Humphrey antar altså at substitusjonselastisiteten er null hvis hypotesen om at substitusjonselastisiteten er null ikke kan forkastes. Etter vår oppfatning er dette et feilaktig resonnement, og det bryter i alle fall med de slutninger som vanligvis trekkes ved hypoteseprøving. Det signifikansnivå som nyttes i testen er dessuten relativt strengt (95 prosent).

For alle industrigruppene under ett, er substitusjonselastisitetene bare signifikant forskjellige (95 prosent nivå) fra null for kull/olje, olje/elektrisitet og gass/elektrisitet. På det aggregerte industrinivå beregner Huphrey direkte priselastisiteter for de ulike energivarene. Disse er gitt i tabell 11.

---

1) Det framgår av relasjon (33) at Allen partielle substitusjonselastisiteter framkommer ved en normering av priselastisitetene. De har derfor ikke den rene tekniske tolkningen som substitusjonselastisitetene definert i avsnitt III.2. 2) Da det i den publiserte artikkel ikke var presentert anslag for M_j, kan vi ikke gi estimater på priselastisiteter for de ulike energivarene.

Tabell 11. Priselastisiteter (η_{ij}). Total energiinnsats konstant. Industri[1]. USA. 1962 *Price elasticities (η_{ij}). Total energy input constant. Manufacturing[1]. USA. 1962*

Kull *Coal*	Naturgass *Natural gas*	Olje *Oil*	Elektrisitet *Electricity*
-0,43	-2,39	-1,24	-0,80

1) Omfatter næringer med til sammen 85 prosent av industriens samlede energiforbruk.
1) Including industries with 85 per cent of total energy use in manufacturing.

K i l d e: Humphrey (1977). *Source: Humphrey (1977).*

III.6.c. R. Halvorsen (1977)

Halvorsen antar at det kan postuleres en produktfunksjon for hver industrigruppe[1] på delstatnivå i USA. Produktfunksjonene forutsettes å være svakt separable mellom energibærerne og alle andre innsatsfaktorer. Følgende kostnadsfunksjon spesifiseres:

$$(34) \qquad W = P_w(Z, P_e, P_o, P_g, P_c),$$

hvor W er de totale energikostnader, Z totalt energiforbrukt og P_e, P_o, P_g og P_c gjennomsnittsprisene på hhv. elektrisitet, olje, naturgass og kull. Under forutsetning av at (34) er homogen av grad 1 i Z kan denne skrives som

$$(35) \qquad W = Z \cdot V\,(P_e, P_o, P_g, P_c),$$

hvor V er enhetskostnadsfunksjonen. Halvorsen antar at translogfunksjonen er en brukbar tilnærmelse til formen på relasjon V.

Priselsastisiteter estimeres ut fra tverrsnittsdata fra 1971. På grunn av utilstrekkelig antall observasjoner av kullforbruket, må Halvorsen forutsette ytterligere separabilitet mellom kull og de andre energibærerne. Dette testes og de tilgjengelige data tyder på at forutsetningen om svak separabilitet mellom kull og de andre energibærerne kan aksepteres. Samtidig testes en del andre forutsetninger Halvorsen bygger på. Han kommer fram til at modellen kan aksepteres for 10 industrigrupper.

Priselastisiteter av typen η_{ij} beregnet for gjennomsnittsverdiene av de variable er gitt i tabell 12.

Alle de direkte priselastisitetene er negative. Av 37 direkte elastisiteter er 29 signigikant forskjellige fra null (95 prosent nivå). Det er betydelig variasjon mellom næringene. Elastisiteten for elektrisitet har f.eks. -0,124 og -1,096 som ytterverdier.

1) To-siffer-nivå i Standard for næringsgruppering.

Tabell 12. Priselastisiteter. USA. 1971. Total energiinnsats konstant *Price elasticities. USA. 1971. Total energy input constant*

	Konfeksjonsindustri *Manufacture of wearing apparel and leather products*	Papirindustri *Manufacture of paper and paper products*	Kjemisk industri *Manufacture of chemicals*	Oljeraffinering *Oil refining*	Gummivare- og plastindustri *Manufacture of rubber and plactic products*	Steinvareindustri *Manufacture of mineral products*	Primærmetallindustri *Manufacture of basic metals*	Diverse metallproduksjon *Manufacture of fabricated metal products*	Produksjon av maskiner *Manufacture of machinery*	Produksjon av elektriske maskiner og utstyr *Manufacture of electrical apparatus and supplies*
η_{ee}	-0,148	-0,203	-0,684	-1,031	-0,124	-0,312	-0,829	-1,096	-0,793	-0,272
η_{oo}	-2,528	-2,262	-3,513	-2,132	-1,151	-3,497	-2,748	-4,113	-4,300	-1,870
η_{gg}	-0,425	-2,134	-1,972	-0,613	-1,439	-1,329	-0,936	-1,457	-1,522	-1,292
η_{cc}	.	-1,907	-0,656	.	-2,531	-2,223	-1,529	-2,004	-1,968	.
η_{eo}	0,150	0,191	0,418	0,643	-0,082	-0,088	0,295	0,428	0,193	0,079
η_{eg}	-0,003	-0,024	0,303	0,388	0,109	0,340	0,449	0,520	0,460	0,192
η_{ec}	.	0,037	-0,037	.	0,979	0,060	0,086	0,147	0,141	.
η_{oe}	1,976	0,383	2,015	1,364	-0,608	-0,377	1,379	3,645	2,123	0,758
η_{og}	0,552	1,198	1,350	0,766	1,255	2,143	0,571	0,469	1,560	1,111
η_{oc}	.	0,680	0,148	.	0,504	1,731	0,798	-0,001	0,617	.
η_{ge}	-0,029	-0,050	0,748	0,318	0,458	0,309	0,933	1,483	1,333	0,804
η_{go}	0,454	1,237	0,691	0,295	0,716	0,456	0,254	0,157	0,411	0,488
η_{gc}	.	0,948	0,533	.	0,265	0,564	-0,251	-0,183	-0,221	.
η_{ce}	.	0,084	-0,117	.	1,081	0,124	0,966	3,554	2,298	.
η_{co}	.	0,775	0,096	.	0,754	0,829	1,922	-0,004	0,912	.
η_{cg}	.	1,047	0,676	.	0,695	1,270	-1,359	-1,546	-1,242	.

e = elektrisitet *electricity* o = olje *oil* g = naturgass *natural gas* c = kull *coal* . ikke estimert *not estimated*

K i l d e: Halvorsen (1977). *Source: Halvorsen (1977).*

Kryssprisselastisitetene varierer også sterkt mellom næringene. Disse er generelt midre i tallverdi enn de direkte priselastisiteter, men allikevel av en slik størrelsesorden at betydelige kryssprisvirkninger indikeres. Av 84 positive estimater på kryssprisselastisiteter var 54 signifikante med 90 prosent nivå.

Ved å konstruere veide gjennomsnitt av estimatene beregner Halvorsen priselastisiteter for alle de 10 industrigrupper under ett (dekker vel 80 prosent av industriens totale energiforbruk). Med utgangspunkt i relasjon (30) beregner også Halvorsen nettoelastisiteter for de fire energivarene. Som anslag på ε_{EE} bruker Halvorsen -0,49 som Berndt & Wood (1975) kom fram til. Ved beregning av nettoelastisitetene øker absolutt-verdien for de direkte elastisitetene mens verdien av kryss-elastisitetene reduseres. Dette framgår av tabell 13.

Tabell 13. Priselastisiteter for industrien. USA. 1971 *Price elasticities in manufacturing. USA. 1971*

ij	Elastisiteter av typen η_{ij} (total energi-innsats konstant) *Elasticities of the type η_{ij} (total energy input constant)*	Nettoelastisiteter, ε_{ij} (total energi-innsats variabel) *Net elasticities, ε_{ij} (total energy input variable)*
ee	-0,66	-0,92
oo	-2,75	-2,82
gg	-1,32	-1,47
cc	-1,46	-1,52
eo	0,30	0,23
eg	0,34	0,20
ec	0,09	0,04
oe	1,27	0,74
og	1,12	1,03
oc	0,69	0,63
ge	0,43	0,35
go	0,50	0,44
gc	0,32	0,25
ce	0,31	0,07
co	0,74	0,69
cg	0,40	0,28

K i l d e: Halvorsen (1977). *Source: Halvorsen (1977).*

III.6.d. J. Blaalid (1976)

Dette er den eneste analysen av industriens energiforbruk som til nå er gjennomført i Norge. NVE utarbeidde i 1974 en prognose for elektrisitetsforbruket. I prognosen antas for industrien proporsjonalitet mellom totalt energiforbruk og produksjonsvolum. Blaalid tester denne hypotesen. Med data fra årlig industristatistikk og produksjonsindeksen for perioden 1965-1973 estimeres koeffisientene i ligningen

$$(36) \qquad \gamma_t = ax_t + b,$$

hvor γ er totalt energiforbruk og x produksjonsvolum. Estimeringen foretas både for industrien totalt og for en del næringsgrupper.[1] Resultatene viser - ikke uventet - at produksjonsvolumet er av vesentlig betydning for energiforbruket.

Relasjon (36) kan begrunnes på flere måter. Energi kan være en skyggefaktor fordi et gitt kvantum er "nødvendig" for å produsere hver enhet. Dette innebærer implisitt at priselastisitene for energi er null. Som vi har sett tyder resultater fra utenlandske undersøkelser på at disse elastisitetene er forskjellige fra null. Hvis de relative priser ikke har endret seg nevneverdig i observasjonsperioden, vil (36) likevel kunne gjelde. Vi vil imidlertid peke på at en prognose basert på denne relasjonen bare vil være forsvarlig hvis relative priser fortsatt holder seg konstante framover.

Uansett hvor skarpt bestemte koeffisienter vi får ved estimeringen, kan vi altså ikke trekke konklusjoner om priselastisiteter. Det bør også bemerkes at residualspredningen var relativt stor for flere av industrigruppene ved estimering av (36).

IV. ENERGIFORBRUKET I TJENESTEYTENDE VIRKSOMHET

IV.1. Innledning

Som det framgår av de foregående kapitler har den generelt økende interesse for energiøkonomiske problemstillinger i de seinere år resultert i en rekke analyser av etterspørselsstrukturen i industrien og husholdningene. Den samme interesse er ikke blitt vist for studier av energiforbruket i tjenesteytende næringer. En av grunnene til dette er trolig betydelige dataproblemer.

I avsnitt III.2. redegjorde vi kort for en generell teori om en produsents tilpasning. I tjenesteytende virksomhet går ikke energiforbruket direkte med til å produsere varer. Mesteparten av energien går til

1) Dette gjøres for 3- og en del 5-sifrede grupper i Standard for næringsgruppering.

oppvarming, belysning og drift av maskiner.

Videre blir en del av tjenesteytende virksomhet drevet av det offentlige. Det kan være urealistisk å anta at vanlige økonomiske tilpasningsmekanismer bestemmer energiforbruket i denne sektoren.

Disse forhold gjør at en ikke uten videre kan anta at den tradisjonelle teorien for en produsents tilpasning gir en dekkende beskrivelse av energietterspørselen i tjenesteytende virksomhet. Som vi skal se i det følgende er høyst forskjellige modeller lagt til grunn for å beskrive etterspørselen etter energi i denne sektoren.

I denne oversikten har vi tatt med fire utenlandske studier av energiforbruket i tjenesteytende virksomhet. Hovedtrekk og resultater fra disse er gjengitt i avsnitt IV.2. I avsnitt IV.3 refererer vi innhold og resultater fra to analyser som er foretatt i Norge.

IV.2. Utenlanske analyser

IV.2.a. M.A. Fuss, R. Hyndeman & L. Waverman (1976)

Forfatterne analyserer (bl.a.) energietterspørselen i tjenesteytende virksomhet i Canada. Datamaterialet er årlige observasjoner for fem regioner i perioden 1960-1971. Forfatterne peker på betydelige dataproblemer for sektoren tjenesteytende virksomhet. Opplysningene om naturgass- og elektrisitetsforbruket er fordelt etter tariff-typer. "Tjenesteytende virksomhet" omfatter f.eks. større bygg (bl.a. boligblokker) med én måler. Forfatterne peker videre på at målingen av produksjonsverdien i tjenesteytende virksomhet volder store problemer.

Følgende sammenheng postuleres for totalt energiforbruk (E):

$$(1) \qquad E = \alpha_0 + \alpha_1 X + \alpha_2 P + \sum_{j=1}^{4} \beta_j \cdot D_j,$$

hvor X er omsetningen i detaljhandelen, P gjennomsnittlig energipris og $D_1, \ldots, D_4$ dummy-variable for Quebec, Ontario, Prairies og British Columbia. X skal indikere produksjonsverdien i tjenesteytende virksomhet.

Den andel de ulike energibærerne utgjør av total energiinnsats estimeres ved

$$(2) \qquad \ln\left(\frac{L_i}{1-L_i}\right) = c_0 + c_i \frac{P_i}{p_j^*} + c_2 X,$$

hvor L_i er andelen (målt i energienheter) for energibærer nr. i, p_i er prisen på energibærer nr. i og p_j^* er en veiet pris på de energibærerne som kan erstatte energibærer nr. i. Resultatene fra Fuss, Hyndeman & Waverman (1976) er gitt i tabell 1.

Tabell 1. Direkte priselastisiteter for tjenesteytende virksomhet. Canada. Gjennomsnittsverdier 1960-1971 *Direct price elasticities in the trade and service industries. Canada. Average values 1960-1971*

Energi totalt *Total energy*	-0,21
Kull *Coal*	-2,73
Olje *Oil*	-1,10
Naturgass *Natural gas*	-0,72
Elektrisitet *Electricity*	-0,31

K i l d e: Fuss, Hyndeman & Waverman (1976).
Source: Fuss, Hyndeman & Waverman (1976).

Fordi analysen bygger på en tidsserie av tverrsnittsdata tolker forfatterne disse elastisitetene som langtidsvirkninger.

IV.2.b. T. D. Mount, L. D. Chapman & T. J. Tyrell (1973)

Som beskrevet i 5.f i avsnitt III analyserer Mount, Chapman & Tyrell elektrisitesforbruket i industrien, tjenesteytende virkomhet og husholdninger. De samme modellene estimeres for alle tre forbruksgruppene. Datamaterialet er årlige observasjoner i perioden 1947-1970 for 47 stater i USA. Estimering av relasjon (31) i avsnitt III ved minste kvadraters metode gir følgende resultater for tjenesteytende virksomhet:

Tabell 2. Elastisiteter for elektrisitetsetterspørselen i tjenesteytende virksomhet. USA. Gjennomsnittsverdier for perioden 1947-1970 *Elasticities of electricity demand in the trade and service industries. USA. Average values for the period 1947-1970*

	Kort sikt *Short run*	Lang sikt *Long run*
Befolkning *Population*	0,12	0,98
Inntekt *Income*	0,10	0,80
Elektrisitetspris *Electricity price*	-0,20	-1,60
Gasspris *Gas price*	0,01	0,05

K i l d e: Mount, Chapman & Tyrell (1973).
Source: Mount, Chapman & Tyrell (1973).

Det er en svakhet ved denne analysen at samme modell nyttes til analyse av alle tre forbruksgruppene. Relasjon (31) lar seg lettest tolke innenfor en modell for husholdningssektoren. Det er mer problematisk å akseptere at variable som inntekt og befolkningsutvikling skal forklare energiforbruket i næringsvirksomhet. Befolkningsutviklingen vil sannsynligvis ikke direkte påvirke elektrisitetsetterspørselen i tjenesteytende virksomhet, men via endret etterspørsel etter ytelser fra denne sektoren

vil folketallet indirekte ha betydning for elektrisitetsforbruket. På lignende måte kan en argumentere for at inntekten inngår i relasjon (31).

IV.2.c. T. D. Mount & L. D. Chapman (1976).

Forfatterne analyserer etterspørselen etter elektrisitet i industri, tjenesteyting og husholdningene. I likhet med studien fra 1973 (IV.2.b. på foregående side), nyttes samme dynamiske modell for alle forbrukergruppene. Resultater for husholdningssektoren er gjengitt i tabell 2 i avsnitt II. Som nevnt i avsnitt II er et særtrekk ved denne modellen at marignalprisen på elektrisitet inngår som forklaringsvariabel[1].

Modellene estimeres på grunnlag av data for de variable i perioden 1963-1972 for 48 stater. Det gis anslag på kort- og langtidselastisiteter. Den direkte priselastisiteten blir beregnet til -0,54 og -1,22 på henholdsvis kort og lang sikt. Tilsvarende anslag på inntektselastisiteten er 0,10 og 0,23. Når det gjelder substitusjonen mellom elektrisitet og andre energibærere kan nevnes at den langsiktige elastisiteten mhp. en prisindeks for summen av olje- og kullforbruket blir anslått til 0,64.

IV.2.d. Federal Energy Administration (1976).

Dette er en omfattende studie av energiforbruket i husholdninger[2], industri og tjenesteyting utført i forbindelse med "National Energy Outlook 1976" i USA. Et særtrekk ved denne analysen er at etterspørselen etter de ulike energibærere innen hver sektor analyseres innenfor rammen av et totalt sett av etterspørselsrelasjoner. Modellen er formulert i to trinn. Først analyseres etterspørselen etter total energi som funksjon av energiprisen (en indeks), inntekt og energiforbruket i forrige periode. I neste skritt blir den andel hver energibærer utgjør av samlet energiinnsats postulert som funksjon av prisen på denne energibæreren i forhold til prisindeksen for total energi og "lagget verdi" av den avhengige variabel. Begge typer relasjoner blir spesifisert som Cobb-Douglas funksjoner og beregnet på bakgrunn av et kombinert tverrsnitts-/tidsseriemateriale (9 regioner i perioden 1960-1972). Beregnede direkte priselastisiteter for tjenesteytende virksomhet er gitt i tabell 3.

1) Den prisvariabel som blir spesifisert i etterspørselsrelasjonen er (marginalpris)/(gjennomsnittspris). 2) Jfr. den summariske oversikten i tabell 2 i avsnitt II.

Tabell 3. Direkte priselastisiteter i tjenesteytende virksomhet. USA. Gjennomsnittsverdier 1960-1972 *Direct price elasticities in trade and service industries. USA. Average values 1960-1972*

	Kort sikt *Short run*	Lang sikt *Long run*
Elektrisitet *Electricity*	-0,24	-0,38
Lett fyringsolje *Light distillates*	-0,55	-0,55
Tung fyringsolje *Heavy fuel oil* ..	-0,61	-0,61

K i l d e: Federal Energy Administration (1976).
Source: Federal Energy Administration (1976).

IV.3. Norske analyser

IV.3.a. J. Blaalid (1976)

I et arbeisnotat fra Statistisk Sentralbyrå tester Blaalid NVE's hypotese om en stabil sammenheng for tjenesteytende virksomhet mellom totalt energiforbruk, produksjon og utetemperatur. Det tas utgangspunkt i årlige data for perioden 1957-1973. Hypotesen må forkastes. Ved vurderingen av dette resultatet blir det pekt på vanskene med å måle produksjonen i tjenesteytende virksomhet og at aggregeringsproblemer kan "forstyrre" beregningene. Tjenesteytende virksomhet består av en rekke næringsgrupper (helsevern, varehandel, undervisning, bankvesen, offentlig administrasjon osv.) med høyst forskjellig energibehov. Data for energiforbruket i hver av disse næringsgruppene finnes ikke i Norge.

Et forsøk på å knytte totalt energiforbruk til sysselsettingen i tjenesteytende virksomhet førte ikke fram. Også bruttotilveksten i m^2 golvflate i tjenesteytende virksomhet ble nyttet som variabel til å forklare endringen i totalt energiforbruk. Heller ikke dette gav noe positivt resultat.

IV.3.b. P. R. Koren (1978)

Energiforbruket i tjenesteytende virksomhet går hovedsakelig til belysning, oppvarming og ventilasjon av bygninger og drift av maskiner. Koren antar derfor at beholdningen av bygninger (bygningsvolum) og maskiner er en bestemmende faktor for det totale energiforbruk i denne sektoren. Mengden eller omfanget av disse beholdningene måles ved verdien av bygningene og maskinene (vurdert til nedskrevet gjenanskaffelsesverdi). I tillegg antar Koren at utetemperaturen er en viktig forklaringsvariabel for totalt energiforbruk. Energiprisen antas derimot ikke å ha betydning for samlet energiinnsats. Følgende sammenheng postuleres:

$$(3) \qquad \ln E_t = a_1 + b_1 \ln K_t + c_1 \ln G_t .$$

E_t er energiforbruket (målt ved teoretisk energiinnhold) i periode t, G_t antall graddager og K_t realkapitalen.

For å fordele energibruken på ulike energibærere blir følgende modell formulert:

$$(4) \qquad \ln \alpha_t^* = a_2 + b_2 \cdot \ln \frac{p_t^e}{p_t^o}$$

$$(5) \qquad \ln \alpha_t - \ln \alpha_{t-1} = (1-\beta_1)\ (\ln \alpha_t^* - \ln \alpha_{t-1}).$$

α_t er elektrisitetsandelen i år t, mens p_t^e og p_t^o er gjennomsnittsprisen på hhv. elektrisitet og olje. Relasjon (4) uttrykker at det <u>ønskede nivå</u> på elandelen , α_t^*, er en loglineær funksjon av det relative prisforholdet p_t^e/p_t^o. Analogt med (7) i "stock-adjustment"-modellen i avsnitt II representerer (5) en gradvis tilpasning til det ønskede nivå på elandelen. Den realiserte endring i logaritmen til elandelen er en konstant andel $(1-\beta_1)$ av den ønskede endring. (4) innsatt i (5) gir:

$$(6) \qquad \ln \alpha_t = (1-\beta_1)\ b_2 \ln \frac{p_t^e}{p_t^o} + \beta_1 \ln \alpha_{t-1} + (1-\beta_1)\ a_2.$$

På samme måte som i "stock-adjustment"-modellen gir denne relasjonen den kortsiktige virkningen på elandelen som følge av en endring i relativ energipris. Langtidseffekten fås direkte av relasjonen(4).

Den dynamiske etterspørselsrelasjonen (6) estimeres med årlige data for periodene 1957-1976 og 1964-1976 ved hjelp av minste kvadraters metode. På grunn av rasjonering på elektrisitet i begynnelsen av observasjonsperioden antar Koren at estimeringen for perioden 1964-1976 gir et bedre anslag på koeffisientene enn estimering for perioden 1957-1976. Beregningen for relasjonene (3) og (6) i perioden 1964-1976 gav følgende resultater:

$$(3') \qquad \ln E_t = -5{,}51 + 1{,}07 \ln K_t + 0{,}54 \ln G_t$$

$$(6') \qquad \ln \alpha_t = -0{,}32 \cdot \ln \frac{p_t^e}{p_t^o} + 0{,}33 \ln \alpha_{t-1} - 0{,}22.$$

For alle koeffisientene - bortsett fra c_1 - kan en hypotese om at disse er lik null forkastes med 95 prosent sannsynlighetsnivå.

Fordi modellen er formulert ved loglineære relasjoner gir koeffisienten foran p_t^e/p_t^o i relasjon (6) direkte et anslag på (den kortsiktige) priselastisiteten for elandelen. Denne blir altså anslått til -0,32. Anslaget på den korresponderende langtidselastisitet blir -0,47 (fås ved å sette $\alpha_t = \alpha_{t-1}$ i (6')).

Modellen som er beskrevet på foregående side (Modell I), har visse egenskaper som er utilfredsstillende. For det første kan elektrisitetsandelen (α_t) bli større enn én ved et noenlunde rimelig prisforhold. For det andre tar modellen ikke hensyn til endringer i utnyttelsen av energien ved sterk overgang fra en energibærer til en annen. Koren imøtekommer disse innvendingene ved å spesifisere en alternativ modell (Modell II). Det antas i Modell II at energibærerne elektrisitet (X_1) og olje (X_2) "produserer" den energien som blir nyttiggjort i tjenesteytende virksomhet. Denne "produksjonsprosessen" (egentlig omvandlingen til den nyttiggjorte energien) beskrives ved en CES-funksjon av typen

$$(7) \qquad X = \left[\delta X_1^{-\zeta} - (1-\delta)\, X_2^{-\zeta}\right]^{-\frac{1}{\zeta}}.$$

Denne relasjonen definerer nyttiggjort energi, X, som kan tolkes som hva en "får ut" av energibærerne X_1 og X_2[1]. δ og ζ er konstante koeffisienter. Relasjon (7) kan oppfattes som en teknisk sammenheng som sier noe om hvordan henholdsvis olje og elektrisitet kan gi nyttiggjort energi. Substitusjonselastisiteten (σ), som gir uttrykk for hvordan forholdet mellom X_1 og X_2 endres når substitusjonsbrøken endres, kan skrives som $\sigma = \frac{1}{1+\zeta}$.

Koren antar at tjenesteytende virksomhet har behov for en viss "mengde" nyttiggjort energi $X = \bar{X}$. Næringen ønsker å minimere de samlede energikostnadene (K) definert som

$$(8) \qquad K = pX_1 + X_2 ,$$

hvor p er prisforholdet elektrisitet/olje. Denne kostnadsfunksjonen minimeres når $X = \bar{X}$ og X er gitt ved (7). Minimeringen gir

$$(9) \qquad \frac{X_1}{X_2} = p^{-\sigma} \left(\frac{1-\delta}{\delta}\right)^{-\sigma}.$$

Dette opplegget skiller seg fra Modell I ved at det totale energiforbruket ($E = X_1 + X_2$) nå kan være elastisk med hensyn på den relative energiprisen. For oppvarmingsformål etterspørres egentlig varme som sådan. Hvis det skjer en substitusjon mellom energibærerne, vil totalt energiforbruk (E) kunne endres - selv om varmeforbruket er konstant. I Modell II antar Koren derfor at det er nyttiggjort energiforbruk (og ikke totalt energiforbruk, E som i Modell I) som blir bestemt av realkapitalen og temperaturen, altså at:

$$(10) \qquad \ln X = a_3 \ln K + b_3 \ln G + c_3 .$$

---

1) X_1 og X_2 er målt ved det teoretiske energiinnholdet.

For å kunne skille mellom kort og lang sikt antar Koren igjen at relasjon (7) beskriver tilpasningen til det <u>ønskede nivå</u> på forholdet mellom elektrisitet og olje, $(\frac{X_1}{X_2})^*$. Vi har altså:

$$(9') \qquad (\frac{X_1}{X_2})^*_t = p_t^{-\sigma} \, (\frac{1-\delta}{\delta})^{-\sigma} .$$

På samme måte som i Modell I blir tilpasningen til dette ønskede forholdet beskrevet ved relasjonen:

$$(11) \qquad \ln (\frac{X_1}{X_2})^*_t - \ln (\frac{X_1}{X_2})_t = \theta \left[\ln (\frac{X_1}{X_2})^*_t - \ln (\frac{X_1}{X_2})_{t-1}\right] .$$

Kombinasjonen av (9') og (11) fører til følgende dynamiske etterspørsels-relasjon:

$$(12) \qquad (\frac{X_1}{X_2})_t = p_t^{-\sigma(1-\theta)} (\frac{1-\delta}{\delta})^{\sigma(1-\theta)} \, (\frac{X_1}{X_2})^{\theta}_{t-1} .$$

I langtidslikevekt er $(\frac{X_1}{X_2})_t = (\frac{X_1}{X_2})_{t-1} = (\frac{X_1}{X_2})^*$. Langtidseffekten av en prisendring fås dermed direkte av relasjon (9') (eventuelt ved å sette $(\frac{X_1}{X_2})_t = (\frac{X_1}{X_2})_{t-1}$ i relasjon (12)). Det kan vises at (langtids-)priselastisitetene er gitt ved:

$$(13) \qquad \begin{aligned} \varepsilon_1 &= -M_2\sigma \\ \varepsilon_2 &= M_1\sigma ; \end{aligned}$$

hvor ε_i er elastisiteten av energibærer i mhp. prisforholdet p (mengde nyttiggjort energi er hele tiden forutsatt konstant, ε_1 og ε_2 gir følgelig en form for substitusjonsvirkninger analogt med elastisiteter av typen η_{ij} i avsnitt III). Elastisiteten av samlet energiinnsats, E, med hensyn på den relative energiprisen er gitt ved:

(14) $\varepsilon_E = (\alpha_2 \cdot M_1 - \alpha_1 M_2) \, \sigma$, hvor α_1 og α_2 er definert som henholdsvis

$$\frac{X_1}{X_1+X_2} \text{ og } \frac{X_2}{X_1+X_2} .$$

Korttidsvirkninger fås ved å multiplisere langtidselastisitetene med "justeringsparameteren" $(1-\theta)$. Korttidselastisitetene er følgelig gitt ved:

$$e_1 = \varepsilon_1(1-\theta)$$

$$(15) \quad e_2 = \varepsilon_2(1-\theta)$$

$$e_E = \varepsilon_E(1-\theta)$$

Relasjon (12) estimeres ved minste kvadraters metode på grunnlag av observasjoner for perioden 1964-1976. Dermed kan samlet nyttiggjort energi, X, beregnes for hvert år. På bakgrunn av dette estimeres koeffisientene i (10). Resultatet for perioden 1964-1976 ble:

$$(12') \quad \ln\left(\frac{X_1}{X_2}\right)_t = 0{,}58 \ln p_t + 0{,}34 \ln \left(\frac{X_1}{X_2}\right)_{t-1} + 0{,}46$$

$$(10') \quad \ln X_t = 1{,}19 \ln K_t + 0{,}36 \ln G_t - 6{,}19.$$

Alle koeffisientene, bortsett fra b_3, ble signifikant forskjellige fra null med 5 prosent sannsynlighetsnivå.

Priselastisitetene vil, i motsetning til i Modell I, variere over tiden. Koren presenterer beregninger for 1959 og 1975.

Tabell 4. Priselastisiteter[1)] for tjenesteytende virksomhet. Norge
Price elasticities[1)] in trade and service industries. Norway

	1959	1975
Kort sikt *Short run*		
e_1	-0,23	-0,19
e_2	0,35	0,39
e_E	0,12	0,09
Lang sikt *Long run*		
ε_1	-0,35	-0,28
ε_2	0,53	0,60
ε_E	0,18	0,14

1) Elastisiteter med hensyn på relative priser elektrisitet/olje når total nyttiggjort energi holdes konstant.
1) Elasticities with respect to the relative price of electricity/oil when total (effective) energy input is kept constant.

K i l d e: Koren (1978). *Source: Koren (1978).*

V. OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

V.1. Husholdning

I avsnitt II.2. gir vi en kort oversikt over den tradisjonelle teorien for en konsuments forbruk av varer og tjenester. Flere forhold gjør at denne teorien ikke uten videre kan antas å gi en god beskrivelse av husholdningenes etterspørsel etter energi til stasjonært forbruk. Energiforbruket er sterkt knyttet til bruk av varige konsumgoder (bolig, husholdningsapparater etc.). En tilfredsstillende behandling av energi-etterspørselen krever derfor en dynamisk analyse. Dette gjør det også mulig å skille mellom kortsiktige og langsiktige virkninger på etter-spørselen etter energi. En endring i energiprisen vil for eksempel på-virke energiforbruket momentant for eksempel ved at innetemperaturen endres. På lengre sikt vil også beholdningen av varige konsumgoder kunne endres. Slike forhold er nærmere drøftet i avsnittene II.3. og II.4. Som en konklusjon på denne drøftingen vil vi understreke at definisjonene av kort- og langtidseffekter er avhengig av den konkrete modellspesifika-sjonen. Dette gjør at en ikke uten videre kan sammenligne kort- og lang-tidselastisiteter i ulike analyser.

De to norske analysene som refereres i avsnitt II.6. er forskjel-lige både med hensyn til modellutforming, analyseperiode og datamateriale. Blaalid & Log studerer elektrisitetsforbruket i en partiell analyse. I modellutformingen tas hensyn til at elektrisitetsforbruket er knyttet til beholdninger av varige forbruksgoder, men denne variabel elimineres i den avledede etterspørselsrelasjon. Prisen på elektriske husholdningsappara-ter inkluderes derimot som forklaringsvariabel. Forfatterne tar utgangs-punkt i årlige fylkesvise data i perioden 1966-1975. Datamaterialet er bl.a. hentet fra den årlige elektrisitetsstatistikken.

Rødseth & Strøm analyserer både totalt energiforbruk og elektri-sitetsforbruket innenfor et system av etterspørselsrelasjoner hvor prisene på alle godene individet kjøper i prinsippet er av betydning for energi-forbruket. Dette er et mer tilfredsstillende opplegg enn å studere etter-spørselen etter en vare (f.eks. energi) isolert. Videre bringes en variabel som tar hensyn til beholdningen av varige forbruksgoder eksplisitt inn i analysen. Modellen estimeres på grunnlag av tidsserier (1949-1970 og 1957-1972) av de variable hentet blant annet fra nasjonalregn-skapet.

I begge disse analysene inngår gjennomsnittspriser på elektrisi-tet. Dette kan være svært uheldig dersom forbrukerne faktisk tilpasser sitt forbruk etter marginalprisene. Til forsvar for en slik framgangs-måte kan det hevdes at tariffene er så vanskelig å gjennomskue at for-brukerne faktisk tilpasser forbruket etter det de betaler i gjennomsnitt.

En annen svakhet ved de to analysene (og ved de utenlandske undersøkelsene) er at de studerer husholdningenes etterspørsel etter elektrisitet totalt. Priser og andre forklaringsvariable har trolig forskjellig virkning på elektrisitetsforbruket knyttet til oppvarming, koking, belysning osv. En finere oppdeling av forbruket etter nytteformål forhindres imidlertid av det eksisterende datamateriale. De estimerte koeffisienter i de ulike analysene kan dermed betraktes som en form for gjennomsnittskoeffisienter.

Rødseth & Strøm kommer fram til at inntektselastisiteten for husholdningenes totale energiforbruk er om lag 1,1. Elastisiteten med hensyn på energiprisen blir anslått til om lag -0,3. For elektrisitet får Rødseth & Strøm og Blaalid & Log kortsiktige direkte priselastisiteter på henholdsvis -0,23 og -0,14, mens langtidselastisitetene blir estimert til henholdsvis -0,28 og -0,29. Til tross for at det nyttes ulike metoder etc. gir altså begge analysene direkte priselastisiteter for elektrisitet i samme størrelsesorden.

I tabell 2 i kapittel II er det stilt opp beregningsresultater fra en del utenlandske undersøkelser av husholdningenes elektrisitetsforbruk. Det er interessant å merke seg at den direkte priselastisiteten er anslått å være vesentlig høyere i USA enn i de to norske analysene, anslagene varierer fra -0,8 til -1,9. Ved vurderingen av disse koeffisientene bør en huske at en i USA i tillegg til olje og elektrisitet har mulighet til å nytt gass i husholdningene. Det kan derfor være grunn til å vente større priselastisiteter (i tallverdi) i USA enn i Norge. Det kan dessuten pekes på at den relative elektrisitetsprisen er vesentlig høyere i USA enn i Norge og at intervallene på måleravlesningene er forskjellige i de to land.

V.2. Industri

I motsetning til husholdningssektorer er det gjort relativt lite i Norge for å analysere energietterspørselene i industrien. Det er derimot foretatt en rekke undersøkelser på dette feltet i utlandet, særlig i USA. Innhold og beregningsresultater fra noen slike analyser blir referert i kapittel III.

De fleste studier av industriens energiforbruk bygger på den statiske nyklassiske produksjonsteorien. Denne blir skissert i grove trekk i avsnitt III.2. Ved å anta at bedriftene minimaliserer de totale produksjonskostnader, kan disse uttrykkes som en funksjon av produksjonskvantum og samtlige faktorpriser. Med utgangspunkt i denne kostnadsfunksjonen kan en avlede etterspørselsrelasjoner for produksjonsfaktorene som funksjoner av de samme variable. Denne modellen ligger til grunn for de fleste analysene vi har konsentrert oss om. Det pekes på, i avsnitt III.2.,

at de anslag på priselastisiteter som dermed framkommer generelt vil innebære en undervurdering av prisfølsomheten i industrien.

Den konkrete modellutforming variere noe fra analyse til analyse. Dette gjelder særlig i hvilken grad forfatterne antar at de ulike innsatsfaktorene kan grupperes sammen i produktfunksjonen. Det blir understreket i avsnitt III.2. at beregnede elastisiteter i analyser med forskjellige modellspesifikasjoner derfor ikke er direkte sammenlignbare.

I avsnitt III.5. refereres en del undersøkelser av energiforbruket i hele industrien under ett. En bør være oppmerksom på at det som framtrer som substitusjon på dette aggregeringsnivå dels kan skyldes strukturendringer i økonomien.

I studien til Fuss og de to undersøkelsene av Berndt & Wood analyseres hvordan innsatsfaktorene, arbeidskraft, kapital, energi og "annen vareinnsats" kan erstatte hverandre i industriproduksjon. Datagrunnlaget er nasjonale observasjoner av de variable. Analysene til Berndt & Wood er rene tidsserieundersøkelser, mens Fuss baserer seg på et kombinert tverrsnitts-/tidsseriemateriale.

Resultatene fra disse tre studiene stemmer relativt godt overens. Spesielt interessant er det å legge merke til at den direkte priselastisiteten for energi i alle analysene blir estimert til om lag -0,5. Videre er det verdt å notere seg at både hos Fuss og i Berndt & Wood (1975) blir arbeidskraft og energi anslått å være alternative innsatsfaktorer (som betyr at en hevning i prisen på energi vil føre til økt bruk av arbeidkraft). Alle beregningene tyder derimot på at kapital og energi er komplementære produksjonsfaktorer (økt energipris fører til redusert innsats av kapital).

Analysene til Griffin & Gregory og Pindyck skiller seg noe fra de tre nevnte. Det tas riktignok utgangspunkt i samme konkrete utforming av kostnadsfunksjonen, men datamaterialet består i disse studiene av observasjoner av de variable i en gruppe land. Bruk av denne type datamateriale fører til at studiene begrenser seg til å analysere substitusjon mellom arbeidskraft, kapital og energi (men ikke "annen vareinnsats"). Isolert sett trekker dette i retning av en underestimering av priselastisitetene.

I begge undersøkelsene er Norge et av landene i observasjonsmaterialet; det er følgelig mulig å regne ut priselastisiteter som refererer seg til norske data. Priselastisiteter for total energiinnsats er gjengitt i tabell 2 og tabell 5 i kapittel III. Spesielt interessant er det å notere at anslagene for den direkte priselastisiteten for energi (-0,77 hos Griffin & Gregory og -0,83 hos Pindyck) er større i tallverdi enn i de rene tidsserieundersøkelsene nevnt ovenfor. En mulig forklaring på dette er at studiene til Griffin & Gregory og Pindyck er kombinerte tverrsnitts-/tidsserieanlyser. Det er vanlig å anta at man i slike studier får generert mer

langsiktige effekter enn i rene tidsserieundersøkelser.

Fuss og Pindyck studerer også hvordan ulike energibærere kan erstatte hverandre i produksjonen. Beregnede priselastisiteter for de enkelte energivarene er gjengitt i tabellene 4 og 6 i kapittel III. Resultatene tyder også på betydelig substitusjonsmuligheter mellom energivarene, spesielt når produsentene "tillates" å variere total energiinnsats. Fuss anslår de direkte priselastisitetene for olje og elektrisitet til henholdsvis -1,30 og -0,74, mens de tilsvarende estimatene hos Pindyck er -0,56 og -0,62 (innsatt observerte verdier for Norge i uttrykkene for elastisitetene).

Analysene til Mount, Chapman & Tyrell skiller seg fra de som er nevnt ovenfor ved at det direkte postuleres en ettèrspørselsrelasjon for elektrisitetsforbruket i industrien. Modellen er dynamisk og gir dermed både kort- og langtidseffekter. Den langsiktige direkte priselastisiteten blir anslått til -1,79 (jfr. tabell 9).

I avsnitt III.6. refererer vi hovedtrekk og resultater fra tre analyser av enkelte industrigrupper. Baxter & Rees postulerer direkte en etterspørselsfunksjon for elektrisitet for hver næringsgruppe, mens Halvorsen og Humphrey tar utgangspunkt i kostnadsfunksjoner. Beregningsresultater fra disse studiene er stilt opp i tabellene 10, 11, 12 og 13. Disse indikerer at priselastisitetene varierer betydelig mellom de ulike næringsgrupper. Humphrey og Halvorsen regner også ut priselastisiteter for industrien under ett (tabellene 11 og 13). Disse estimatene er i god overensstemmelse med resultatene fra de øvrige analysene vi har referert.

I en analyse utført på norske data tester Blaalid hypotesen om en lineær sammenheng mellom energiforbruk og produksjon. Resultatene bekrefter at produksjonsvolumet er av vesentlig betydning for energiforbruket, men analysen gir ingen informasjon om priselastisiteter.

V.3. Tjenesteyting

Mens det i de seinere år har vært utført en rekke studier av husholdningenes og industriens energietterspørsel, har det både i Norge og i utlandet vært gjort relativt lite for å analysere energiforbruket i tjenesteytende næringer. Den viktigste årsaken til dette er trolig store datamessige problemer, men det kan også være urealistisk å anta at vanlige økonomiske tilpasningsmekanismer gjør seg gjeldene i deler av denne næringen.

I avsnitt IV.2. gir vi beregningsresultater fra fire utenlandske analyser. Anslag på langsiktige direkte priselastisiteter for de enkelte energivarene varierer kraftig fra analyse til analyse (for elektrisitet fra -0,31 til -1,60), men alt i alt må en kunne si at resultatene tyder

på en betydelig elastisitet i etterspørselen. Studien av Fuss, Hyndeman & Waverman indikerer derimot en relativ lav priselastisitet for total energiinnsats (-0,21).

For Norge har Koren nylig utført en analyse av energiforbruket i tjenesteytende virksomhet. Totalt energiforbruk knyttes til verdien av realkapitalen og temperaturen. Energien "spres" så videre på ulike energibærere (olje og elektrisitet) ved hjelp av to forskjellige dynamiske modeller, hvorav Modell II er teoretisk mest tilfredsstillende. Modellene estimeres på grunnlag av observasjoner fra periodene 1957-1976 og 1964-1976. Resultater fra beregningen av Modell II på sistnevnte periode er stilt opp i tabell 4 i kapittel IV. Beregningene indikerer bl.a. en langsiktig direkte priselastisitet for elektrisitet på i underkant av -0,3 og for olje om lag -0,6. Vi vil peke på at hvis energiprisen også virker inn på total energiinnsats, vil disse anslagene undervurdere prisfølsomheten i tjenesteytende virksomhet.

SUMMARY IN ENGLISH

Households

We present in section II.2. the traditional theory of a consumer's use of goods and services. This static theory cannot without question be accepted as a satisfactory description of household demand for energy. Energy consumption is related to the utilization of durables (housing, household appliances etc.). A dynamic analysis is therefore required to achieve a satisfactory treatment of energy demand. This also makes it possible to distinguish between short-term and long-term effects on demand for energy. A change in the price for energy may, for example, have an immediate effect in that the indoor temperature may be changed. In the longer run a change in the stock of durables will create an additional effect on energy demand. Such matters are considered in greater detail in sections II.3. and II.4. As one conclusion of this discussion, we should like to emphasize that the definitions of short-term and long-term effects depend on the specified model structure. This makes it difficult to compare estimated short-term and long-term elasticities from different empirical studies.

The two Norwegian analyses to which reference is made in section II.6. differ both as regards model structure and the data material. Blaalid & Log provide a partial analysis of electricity consumption. The model gives consideration to the fact that electricity consumption is related to the stock of durables, but this variable is eliminated in the derived demand relationship. The cost or price of household appliances is, on the other hand, included as an explanatory variable. The analysis is based upon annual county data of the variables for the period of 1966-1975.

Rødseth & Strøm analyze both total energy consumption and electrical consumption within a complete set of demand relationships. This is a more satisfactory procedure than a partial study of the energy demand. The fraction of dwellings supplied with electric heating equipment is introduced as an explanatory variable. This makes the analysis dynamic. The model is estimated on the basis of time series (1949-1970 and 1957-1972) of data for the variables collected mainly from the National Accounts.

In both these analyses electricity demand is related to average price. This may be highly unsatisfactory, if consumer actually adjust consumption to marginal prices. It may be said, in defence of this procedure, that the tariffs are so complicated that cosumers only adjust electricity consumption to average payments.

Another deficiensy of the two analyses (and also with regard to foreign analyses) is that they study total household consumption of electricity. Prices and other variables probably have different effects on the electricity consumption related to heating, cooking, lighting etc. The lack of existing data prevents, however, any more detailed analysis of the electricity demand. The estimated coefficients of the various analyses should therefore be considered as being a type of average coefficients.

Rødseth & Strøm arrive at the conclusion that the income elasticity for household overall energy use is about 1.1. The direct price elasticity is estimated to -0.3. Rødseth & Strøm and Blaalid & Log obtain short-term direct price elasticities for electric power of -0.23 and -0.14, respectively, while long-term elasticities are estimated at -0.28 and -0.29. Despite utilization of different methods etc., the two analyses result in approximately the same estimate of the direct price elasticity for electricity.

Table 2 of Chapter II presents results of a number of foreign research studies of household consumption of electricity. It is of interest to note that the direct price elasticity is estimated to be significantly greater in the USA than as found in the two Norwegian analyses. The estimates vary between -0.8 and -1.9. It should be kept in mind when evaluating these coefficients that in the USA the households have the possibility of using gas in addition to oil and electricity as energy source. It may, therefore, be reason to expect greater price elasticities (numerically) in the USA than in Norway.

Manufacturing

Contrary to the interest for the household sector, there has, in Norway, been relatively slight attention paid to analyzing the industrial demand for energy. A number of studies have, on the other hand, been carried out abroad, especially in the USA. In Chapter III reference is made to contents and estimation results of some of these studies.

Most studies of industrial energy demand are based upon the static neoclassical production theory. This is roughly described in section III.2. Assuming that the firms minimize total production costs, these may be expressed as a function of production quantity and all factor prices. From this cost function one can derive demand relationships for the input factors as functions of the same variables. This model is the basis for most of the analyses upon which we have concentrated. It is pointed out in section III.2. that the estimated price elasticities will generally represent an underestimate of price sensitivity in industry, because the production quantity is taken as an exogenous variable in the analysis.

The specific model structure will vary from analysis to analysis. This is particularly true to what extent explicit assumptions of separability are introduced in the production function. It is again emphasized in section III.2. that calculated elasticities from analyses with different model structures are not directly comparable.

We refer in section III.5. mainly to studies of aggregate energy demand in the manufacturing. One should keep in mind that an estimated substitution effect on this aggregate level in part may be due to structural changes in the economy.

The study of Fuss and the two studies of Berndt & Wood analyze the substitution between the input factors, labour, capital, energy and "materials" in industrial production. The Berndt & Wood analyses are purely time-series studies, while Fuss bases his work on combined cross-section/time-series data.

The results of these three studies agree relatively well. It is of special interest to note that the direct price elasticity for energy in all the analyses is estimated at about -0.5. It is further worth noticing. that both Fuss and Berndt & Wood (1975) find that labour and energy are alternatives (meaning that an increase in price of energy will result in increased use of labour). All estimates indicate on the other hand that capital and energy are complements (i.e. an increased price for energy results in reduced capital input).

The analyses of Griffin & Gregory and Pindyck differ to some extent from the three mentioned. While the latter are based on data from one single country, the former two analyses are intercountry studies of energy demand. Within this type of data it is impossible to construct a price index for "materials". The studies are therefore limited to analyzing the substitution between labour, capital and energy (but not "materials"). The calculated price effects in these studies will generally underestimate the total price elasticities.

In both these studies Norway is one of the countries from which data are collected. It is, therefore, possible to calculate price elasticities with reference to Norwegian data. The price elasticities for total energy use are presented in tables 2 and 5 in Chapter III. It is of special interest to note the estimates for direct energy price elasticity (-0.77 with Griffin & Gregory and -0.83 with Pindyck). These are numerically higher than the pure time-series results mentioned in the preceding. One possible explanation for this is that the Griffin & Gregory and the Pindyck studies are combined cross-section/time-series analysis. It is commonly assumed that such studies more likely will obtain long-term effects than pure time-series analysis.

Fuss and Pindyck also study the substitution between various energy sources in production. The estimated price elasticities for various energy inputs are shown in tables 4 and 6 in Chapter III. The results indicate that there is a considerable possibility for substitution between energy inputs, especially if total energy is not taken as an exogenous variable. Fuss estimates the direct price elasticity for oil and electric power as being -1.30 and -0.74, respectively, while the corresponding estimates of Pindyck are -0.56 and -0.63 (again with reference to Norwegian data).

The analyses of Mount, Chapman & Tyrell are different from those mentioned above in that they directly specify the demand relationship for industrial electric power demand. The model is dynamic and, therefore, furnishes both short-term and long-term effects. The long-term direct price elasticity is estimated to be -1.79 (see table 9).

We refer in section III.6. to the main features and results of three studies of specific industries. Baxter & Rees postulate a demand function for electric power in each manufacturing subgroup. Halvorsen & Humphrey, however, use a cost function as their point of departure. The calculated results of these studies are shown in tables 10, 11, 12 and 13. These indicate that price elasticities vary considerably as between different industries. Humphrey & Halvorsen also calculate price elasticities for aggregate industry (tables 11 and 13). These estimates correspond well with the results of the other analyses to which we have made reference.

Blaalid, in an analysis based upon Norwegian data, tests the hypothesis that there is a linear relationship between energy use and production. The results confirm that volume of production is significantly related to energy demand. The analysis does not, however, provide information as to price elasticities.

Trade and service industries

While in recent years a number of studies have been carried out regarding manufacturing and household demand for energy, relatively little has been done to analyze energy use in trade and service industries. The main reason for this is probably difficulties connected with accumulation of proper statistics, but it may also be unrealistic to assume that normal economic adjustment mechanisms can have their effect in parts of this sector.

In section IV.2. we present the calculated results of four foreign analyses. Long-term estimates for direct price elasticities for energy goods vary greatly from analysis to analysis (for electricity from -0.31 to -1.60), but one may, generally, say that the results indicate a significant elasticity in demand. The study made by Fuss, Hyndeman & Waverman on the other hand indicates a relatively low price elasticity for total energy input (-0.21).

In Norway Koren has recently made an analysis of the energy demand in the trade and service industries. Total energy use is related to fixed real capital and temperature. The demand for the specific energy goods (oil and electricity) is then explained by two different dynamic models, of which Model II is theoretically the most satisfactory. The models are based on observations from the periods 1957-1976 and 1964-1976. Estimates of the parametres in Model II for the last period are presented in table 4 of Chapter IV. The figures indicate a long-term direct price elasticity for electricity somewhat under -0.3 and -0.6 for oil. We should like to note that these estimates will underestimate the price sensitivity in the service sector if also total energy input is elastic with respect to energy price.

LITTERATUR

Anderson, K.P. (1973): Residential Demand for Electricity; Econometric Estimates for California and the United States. Journal of Business, oktober 1973.

Anderson, K.P. (1973): Residential Energy Use. The Rand Corporation (R-1297-NSF), oktober 1973.

Balestra, P. (1967): The Demand for Natural Gas in the United States. North Holland Publishing Co., Amsterdam 1967.

Baxter, R.E. og Rees, R. (1968): Analysis of the Industrial Demand for Electricity. Economic Journal, vol. 78, juni 1968.

Berndt, E.R. og Christensen, L.R. (1973): The Internal Structure of Functional Relationships, Separability, Substitution and Aggregation. Review of Economic Studies 40, juli 1973.

Berndt, E.R. og Wood, D.W. (1975): Technology, Prices and the Derived Demand for Energy. Review of Economics and Statistics 57, august 1975.

Berndt, E.R. og Wood, D.W. (1977): Engineering and Econometric Approaches to Industrial Energy Conservation and Capital Formation: a Reconciliation. Arbeidsnotat ved MIT Energy Laboratory, november 1977.

Blaalid, J. (1976): En analyse av energiforbruket i tjenesteytende virksomhet, industri og bergverk. Arbeidsnotat fra Statistisk Sentralbyrå, IO 76/2, januar 1976.

Blaalid, J. og Log, S. (1977): Husholdningenes etterspørsel etter elektrisitet. Artikkel nr. 105 fra Statistisk Sentralbyrå, Oslo 1977.

Blattenberger, G.R. (1977): The Residential Demand for Electricity, Ph.D. dissertation. Department of Economics, University of Michigan, Ann Arbor, desember 1977

Christensen, L.R., Jorgenson, D.W. og Lau, L.J. (1973): Transcendental Logaritmic Production Function Frontiers. Review of Economics and Statistics 55, februar 1973.

Diewert, W.E. (1971): An Application of the Shephard Duality Theorem: A Generalized Leontief Production Function. Journal of Political Economy 79, mai/juni 1971.

Federal Energy Administration (1976): 1976 National Energy Outlook. FEA, Washington, 1976.

Fisher, F.M. og Kaysen, C. (1962): A Study in Econometrics: The Demand for Electricity in the United States. Amsterdam: North Holland Publishing Co., 1962.

Fuss, M.A. (1977): The Demand for Energy in Canadian Manufacturing. An Example of Estimation of Production Structures with Many Inputs. Journal of Economentrics 5, 1977.

Fuss, M.A., Hyndeman, R. og Waverman, L. (1976): Residential, Commercial and Industrial Demand for Energy in Canada. Projections to 1985 with Three Alternative Models. I W.D. Nordhaus (red.): International Studies of Demand for Energy. Selected Papers Presented at a Conference in the International Institute of Applied System Analysis. Laxenburg, Østerrike. North Holland Publishing Company, august 1977.

Griffin, J.M. og Gregory, P.R. (1976): An Intercountry Translog Model of Energy Substitution Responses. American Economic Review, desember 1976.

Halvorsen, R. (1973): Demand for Electric Power in the United States. Discussion Paper No. 73-13. Institute of Economic Research, University of Washington, Seattle, 1973.

Halvorsen, R. (1977): Energy Substitution in U.S. Manufacturing. The Review of Economics and Statistics, nr. 4, november 1977.

Hotelling, H. (1932): Edgeworth's Taxation Paradox and the Nature of Demand and Supply Functions. Journal of Political Economy 40, 1932.

Houthakker, H.S. (1951): Electricity Tariffs in Theory and Practice. Economic Journal, Vol. 61, No. 241, mars 1951.

Houthakker, H.S. og Taylor, L.D. (1970): Consumer Demand in the United States, 2nd edition. Cambridge: Harvard University Press, 1970.

Houthakker, H.S., Verleger, P.K. og Sheehan, D.P. (1974): Dynamic Demand Analysis for Gasoline and Residential Electricity. American Journal of Agricultural Economics, Vol. 56, No. 2, mai 1974.

Houthakker, H.S. og Kennedy, M. (1975): Demand for Energy as a Function of Price. Energy Delta, American Astronautical Society, 1975.

Hudson, E.A. og Jorgenson, D.W. (1974): US Energy Policy and Economic Growth 1975-2000. Bell Journal of Economics, Høst 1974.

Humphrey, D.B. (1977): Substitution Among Energy Inputs in U.S. Manufacturing. Atlantic Economic Journal No. 2, 1976.

Jorgenson, D.W. (1974): Consumer Demand for Energy. Harvard Institute of Economic Research, Discussion Paper No. 386, 1974.

Koren, P.R. (1978): Etterspørselen etter energi i Tjenesteytende næringer. Artikkel nr. 110 fra Statistisk Sentralbyrå, Oslo 1978.

Lancaster, K.J. (1966): A New Approach to Consumer Theory. Journal of Political Economics, april 1966.

Lundin, A. (1977): Hushållens energiefterfrågan. Forskningsgruppen för energisystemstudier (FFE). FFE-rapport nr. 3. Februar 1977.

Mount, T.D. og Chapman, L.D. (1976): Effects of Increasing the Use of Electricity on Environmental Quality in the U.S.: A Model of Power Generation and the Policy Issues Raised by Its Application. I Nordhaus, W.D. (1976) (jfr. Fuss, Hyndeman og Waverman (1976).

Mount, T.D., Chapman, L.D. og Tyrell, T.J. (1973): Electricity Demand in the United States: An Econometric Analysis. Oak Ridge National Laboratory (ORN - NSF - 49), Oak Ridge, Tennessee, juni 1973.

Pindyck, R.S. (1977): Interfuel Substitution and the Industrial Demand for Energy: An International Comparison. Arbeidsnotat fra Massachusetts Institute of Technology. (MIT-EL 77-026 WP). August 1977.

Rødseth, A.: Vurdering av investeringar i kraftforsyning. Memorandum fra Sosialøkonomisk Institutt, 7/5-1975.

Rødseth, A. og Strøm, S. (1976): The Demand for Energy in Norwegian Households with Special Emphasis on the Demand for Electricity. Memorandum fra Sosialøkonomisk Institutt, Universitetet i Oslo, 29. april 1976.

Rødseth, A. og Strøm, S. (1977): Elektrisitetsetterspørselen i norske hushold. Statsøkonomisk Tidsskrift nr. 1, 1977.

Shephard,R.W. (1953): Cost and Production Functions. Princeton University Press, Princeton, N.J. 1953.

Stone, R. og Rowe, D.A. (1957): The Market Demand for Durable Goods. Econometrica, 1957.

Taylor, L.D. (1975): The Demand for Electricity: A Survey. Bell Journal of Economics, vol. 6 1975 (1).

Taylor, L.D. (1976a): Decreasing Block Pricing and the Residential Demand for Electricity. I Nordhaus, W.D. (1976) (jfr. Fuss, Hyndeman og Waverman (1976).

Taylor, L.D. (1976b): The Demand for Energy: A Survey of Price and Income Elasticities. Department of Economics, University of Arizona, Tucson 1976.

Taylor, L.D., Blattenberg, G.R. og Verleger, P.K. (1976): The Residential Demand for Energy. Report to the Electric Power Research Institute. Departement of Economics, University of Arizona, Tucson. Januar 1976.

Utkommet i serien ART

Issued in the series Articles from the Central Bureau of Statistics (ART)

* Utsolgt *Out of sale*

Nr. 1* Odd Aukrust: Investeringenes effekt på nasjonalproduktet *The Effects of Capital Formation on the National Product* 1957 28 s.

" 2* Arne Amundsen: Vekst og sammenhenger i den norske økonomi 1920 - 1955 *Growth and Interdependence in Norwegian Economy* 1957 40 s.

" 3* Statistisk Sentralbyrås forskningsavdeling: Skattlegging av personlige skattytere i årene 1947 - 1956 *Taxation of Personal Tax Payers* 1957 8 s.

" 4 Odd Aukrust og Juul Bjerke: Realkapital og økonomisk vekst 1900 - 1956 *Real Capital and Economic Growth* 1958 32 s. kr 3,50

" 5 Paul Barca: Utviklingen av den norske jordbruksstatistikk *Development of the Norwegian Agricultural Statistics* 1958 23 s. kr 2,00

" 6* Arne Amundsen: Metoder i analysen av forbruksdata *Methods in Family Budget Analysis* 1960 24 s. kr 5,00

" 7 Arne Amundsen: Konsumelastisiteter og konsumprognoser bygd på nasjonalregnskapet *Consumer Demand Elasticities and Consumer Expenditure Projections Based on National Accounts Data* 1963 44 s. kr 5,00

" 8 Arne Øien og Hallvard Borgenvik: Utviklingen i personlige inntektsskatter 1952 - 1964 *The Development of Personal Income Taxes* 1964 30 s. kr 5,00

" 9 Hallvard Borgenvik: Personlige inntektsskatter i sju vesteuropeiske land *Personal Income Taxes in Seven Countries in Western Europe* 1964 16 s. kr 5,00

" 10 Gerd Skoe Lettenstrøm og Gisle Skancke: De yrkesaktive i Norge 1875 - 1960 og prognoser for utviklingen fram til 1970 *The Economically Active Population in Norway and Forecasts up to 1970* 1964 56 s. kr 6,00

" 11* Hallvard Borgenvik: Aktuelle skattetall 1965 *Current Tax Data* 1965 38 s. kr 6,00

" 12 Idar Møglestue: Kriminalitet, årskull og økonomisk vekst *Crimes, Generations and Economic Growth* 1965 63 s. kr 7,00

" 13 Svein Nordbotten: Desisjonstabeller og generering av maskinprogrammer for granskning av statistisk primærmateriale *Decision Tables and Generation of Computer Programmes for Editing of Statistical Data* 1965 11 s. kr 4,00

" 14 Gerd Skoe Lettenstrøm: Ekteskap og barnetall - En analyse av fruktbarhetsutviklingen i Norge *Marriages and Number of Children - An Analysis of Fertility Trend in Norway* 1965 29 s. kr 6,00

" 15* Odd Aukrust: Tjue års økonomisk politikk i Norge: Suksesser og mistak *Twenty Years of Norwegian Economic Policy: An Appraisal* 1965 38 s. kr 6,00

Nr. 16 Svein Nordbotten: Long-Range Planning, Progress- og Cost-Reporting in the Central Bureau of Statistics of Norway *Langtidsprogrammering, framdrifts- og kostnadsrapportering i Statistisk Sentralbyrå* 1966 17 s. kr 4,00

" 17* Olav Bjerkholt: Økonomiske konsekvenser av nedrustning i Norge *Economic Consequences of Disarmament in Norway* 1966 25 s. kr 4,00

" 18 Petter Jakob Bjerve: Teknisk revolusjon i økonomisk analyse og politikk? *Technical Revolution in Economic Analysis and Policy?* 1966 23 s. kr 4,00

" 19 Harold W. Watts: An Analysis of the Effects of Transitory Income on Expenditure of Norwegian Households 1968 28 s. kr 5,00

" 20 Thomas Schiøtz: The Use of Computers in the National Accounts of Norway *Bruk av elektronregnemaskiner i nasjonalregnskapsarbeidet i Norge* 1968 28 s. kr 5,00

" 21* Petter Jakob Bjerve: Trends in Quantitative Economic Planning in Norway *Utviklingstendensar i den kvantitative økonomiske planleggingа i Norge* 1968 29 s. kr 5,00

" 22* Kari Karlsen og Helge Skaug: Statistisk Sentralbyrås sentrale registre *Registers in the Central Bureau of Statistics* 1968 24 s. kr 3,50

" 23* Per Sevaldson: MODIS II A Macro-Economic Model for Short-Term Analysis and Planning *MODIS II En makroøkonomisk modell for korttidsanalyse og planlegging* 1968 40 s. kr 4,50

" 24 Olav Bjerkholt: A Precise Description of the System of Equations of the Economic Model MODIS III *Likningssystemet i den økonomiske modell MODIS III* 1968 30 s. kr 4,50

" 25 Eivind Hoffmann: Prinsipielt om måling av samfunnets utdanningskapital og et forsøk på å måle utdanningskapitalen i Norge i 1960 *On the Measurement of the Stock of Educational Capital and an Attempt to Measure Norway's Stock of Educational Capital in 1960* 1968 60 s. kr 5,00

" 26 Hallvard Borgenvik: Aktuelle skattetall 1968 *Current Tax Data* 1969 40 s. kr 7,00

" 27 Hallvard Borgenvik: Inntekts- og formuesskattlegging av norske kapitalplasseringer i utlandet *Income and Net Wealth Taxes of Norwegian Investment in Foreign Countries* 1969 40 s. kr 7,00

" 28 Petter Jakob Bjerve og Svein Nordbotten: Automasjon i statistikkproduksjonen *Automation of the Production of Statistics* 1969 30 s. kr 7,00

" 29 Tormod Andreassen: En analyse av industriens investeringsplaner *An Analysis of the Industries Investment Plans* 1969 26 s. kr 5,00

" 30* Bela Balassa og Odd Aukrust: To artikler om norsk industri *Two Articles on Norwegian Manufacturing Industries* 1969 40 s. kr 5,00

" 31* Hallvard Borgenvik og Hallvard Flø: Virkninger av skattereformen av 1969 *Effects of the Taxation Reform of 1969* 1969 35 s. kr 7,00

" 32 Per Sevaldson: The Stability of Input-Output Coefficients *Stabilitet i kryssløpskoeffisienter* 1969 40 s. kr 7,00

Nr. 33 Odd Aukrust og Hallvard Borgenvik: Inntektsfordelingsvirkninger av skattereformen av 1969 *Income Distribution Effects of the Taxation Reform of 1969* 1969 29 s. kr 7,00

" 34 Odd Aukrust og Svein Nordbotten: Dataregistrering, dataarkiver og samfunnsforskning *Data Registration, Data Banks and Social Research* 1970 43 s. kr 7,00

" 35 Odd Aukrust: PRIM I A Model of the Price and Income Distribution Mechanism of an Open Economy *PRIM I En modell av pris- og inntekstfordelingsmekanismen i en åpen økonomi* 1970 61 s. kr 7,00

" 36 Arne Amundsen: Konsumets og sparingens langsiktige utvikling *Consumption and Saving in the Process of Long-Term Growth* 1970 18 s. kr 5,00

" 37 Steinar Tamsfoss: Om bruk av stikkprøver ved kontoret for intervjuundersøkelser, Statistisk Sentralbyrå *On the Use of Sampling Surveys by the Central Bureau of Statistics, Norway* 1970 46 s. kr 7,00

" 38 Svein Nordbotten: Personmodeller, personregnskapssystemer og persondataarkiver *Population Models, Population Accounting Systems and Individual Data Banks* 1970 28 s. kr 7,00

" 39 Julie E. Backer: Variasjoner i utviklingen hos nyfødte barn *Variations in the Maturity Level of New Born Infants* 1970 36 s. kr 7,00

" 40 Svein Nordbotten: Two Articles on Statistical Data Files and their Utilization in Socio-Demographic Model Building *To artikler om statistiske dataarkiver og deres bruk i sosio-demografisk modellbygging* 1971 30 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0095-4

" 41 Per Sevaldson: Data Sources and User Operations of MODIS, a Macro-Economic Model for Short Term Planning *Datagrunnlag og brukermedvirkning ved MODIS, en makroøkonomisk modell for planlegging på kort sikt* 1971 31 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0096-2

" 42 Erik Biørn: Fordelingsvirkninger av indirekte skatter og subsidier *Distributive Effects of Indirect Taxes and Subsidies* 1971 42 s. kr 5,00 ISBN 82-537-0097-0

" 43 Hallvard Borgenvik og Inger Gabrielsen: Aktuelle skattetall 1970 *Current Tax Data* 1971 53 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0098-9

" 44 Vidar Ringstad: PRIM II En revidert versjon av pris- og inntektsmodellen *PRIM II A Revised Version of the Price and Income Model* 1972 43 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0154-3

" 45 Jan M. Hoem: Purged and Partial Markov Chains *Lutrede og partielle Markovkjeder* 1972 16 s. kr 5,00 ISBN 82-537-0164-0

" 46 Jan M. Hoem: Two Articles on the Interpretation of Vital Rates *To artikler om tolking av befolkningsrater* 1972 33 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0165-9

" 47 Inger Gabrielsen: Aktuelle skattetall 1972 *Current Tax Data* 1972 58 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0170-5

" 48 Vidar Ringstad: Om estimering av økonomiske relasjoner fra tverrsnitts-, tidsrekke- og kombinert tverrsnitts tidsrekke - data *On the Estimation of Economic Relations Using Cross Section-, Time Series - and Combined Cross Section - Time Series - Data* 1972 26 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0178-0

Nr. 49 Jan M. Hoem: On the Statistical Theory of Analytic Graduation *Statistisk teori for analytisk glatting* 1972 41 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0183-7

" 50 Henry M. Peskin: National Accounting and the Environment *Nasjonalregnskap og miljøverdier* 1972 60 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0185-3

" 51 Eivind Gilje: Analytic Graduation of Age-Specific Fertility Rates *Analytic glatting av aldersspesifikke fødselsrater* 1972 49 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0200-0

" 52 Jan M. Hoem og Arne Rideng: Kommentarer til Statistisk Sentralbyrås framskriving av folkemengden i kommunene 1972-2000 *Comments to the Regional Population Projections for Norway* 1972 29 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0210-8

" 53 Juul Bjerke: Estimering av konsumfunksjoner på grunnlag av nasjonalregnskapsdata 1865-1968 *Estimating Consumption Functions* 60 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0213-2

" 54 Jan M. Hoem: Usikkerhet ved befolkningsprognoser *Inaccuracy of Population Projections* 1973 63 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0219-1

" 55 Erik Biørn: Prognoser for de langsiktige endringer i sammensetningen av det private konsum *Long Term Forecasts for the Changes in the Composition of the Private Consumption* 1973 63 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0228-0

" 56 Jan M. Hoem: Inhomogeneous Semi-Markov Processes, Select Actuarial Tables, and Duration-Dependence in Demography *Inhomogene semimarkovprosesser, selekte aktuartabeller og varighetsavhengighet i demografi* 1973 54 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0244-2

" 57 Svein Brenna: Revisjon av indeksene for utenrikshandelen *Revision of Indices for Foreign Trade* 1973 47 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0252-3

" 58 Jan M. Hoem: Statistisk Sentralbyrås utvalgsundersøkelser: Elementer av det matematiske grunnlaget *The Sample Surveys of the Central Bureau of Statistics of Norway: Basic Mathematical Elements* 1973 59 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0259-0

" 59* Inger Gabrielsen: Aktuelle skattetall 1973 *Current Tax Data* 1973 63 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0280-9

" 60 Per Sevaldson: Om oppstilling og bruk av regionalt nasjonalregnskap *Construction and Use of Regional National Accounts* 1973 74 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0316-3

" 61 Jan M. Hoem: Levels of Error in Population Forecasts *Usikkerhetsnivåer ved befolkningsprognoser* 1974 46 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0317-1

" 62 Arne Rideng og Bjørn Lied Tønnesen: Statistisk Sentralbyrås regionale befolkningsframskrivinger Nåværende opplegg og utviklingsplaner 1974 *The Regional Population Projections of the Central Bureau of Statistics of Norway Current Procedure and Plans for the Future* 1974 25 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0343-0

" 63 Erik Biørn: Estimering av makro-konsumfunksjoner for etterkrigstiden: Metodespørsmål og empiriske resultater *Estimating Aggregate Consumption Functions for the Post-War Period: Methodological Problems and Empirical Results* 1974 84 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0350-3

" 64 Terje Assum: Hvem har nytte av forbrukerservice? *To Whose Benefit is the Consumer Service?* 22 s. kr 5,00 ISBN 82-537-0356-2

Nr. 65 Jan Byfuglien: Bosettingskart over Norge 1970: Grunnlag, innhold og bruk *Map of the Population Distribution of Norway 1970: Basis, Contents and Use* 1974 43 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0392-9

" 66 John Dagsvik: Etterhåndsstratifisering og estimering innen delbestander *Post-Stratification and Estimation within Subpopulations* 1974 49 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0378-3

" 67 Arne Rideng: Klassifisering av kommunene i Norge 1974 *Classification of the Municipalities of Norway* 56 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0393-7

" 68 Erik Biørn: Estimating the Flexibility of the Marginal Utility of Money: An Errors-in-Variables Approach *Estimering av pengenes grensenyttefleksibilitet: et opplegg med feil i de variable* 1974 18 s. kr 5,00 ISBN 82-537-0410-0

" 69 Helge Brunborg: Framskriving av folkemengden i Norge 1973-2100 Et analytisk eksperiment *Population Projections for Norway An Analytic Experiment* 1974 100 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0413-5

" 70 Inger Gabrielsen: Aktuelle skattetall 1974 *Current Tax Data* 1974 73 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0414-3

" 71 Vidar Ringstad: Some Empirical Evidence on the Decreasing Scale Elasticity *Noen resultater for produktfunksjoner med fallende passuskoeffisient for norsk bergverk og industri* 1974 20 s. kr 5,00 ISBN 82-537-0424-0

" 72 Jon D. Engebretsen: En modell for analyse av utviklingen i de direkte skatter: Skattemodellen i MODIS IV *A Model for Analysis of the Development in Direct Taxes: Tax Model in MODIS IV* 1974 65 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0428-3

" 73 Lars Østby: Hvem flytter i Norge? Tendenser i flyttergruppens sammensetning etter 1950 *The Migrants in Norway Trends in the Composition of the Migrant Group after 1950* 1975 23 s. kr 5,00 ISBN 82-537-0441-0

" 74 Erik Biørn: Avskrivningsregler og prisen på bruk av realkapital *Depreciation Rules and the User Cost of Capital* 1975 46 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0445-3

" 75 Erling Sverdrup: Multiple Comparisons by Binary and Multinary Observations *Multiple sammenlikninger ved binære og multinære observasjoner* 1975 33 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0482-8

" 76 Tor Fr. Rasmussen: Yrkesbefolkningen i Norge *The Economically Active Population in Norway* 1975 95 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0493-3

" 77 Erik Biørn: The Distributive Effects of Indirect Taxation: An Econometric Model and Empirical Results based on Norwegian Data *Fordelingsvirkningene av den indirekte beskatning: En økonometrisk modell og empiriske resultater basert på norske data* 1975 17 s. kr 5,00 ISBN 82-537-0506-9

" 78 Inger Gabrielsen: Aktuelle skattetall 1975 *Current Tax Data* 1975 45 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0523-9

" 79 Idar Møglestue: Befolkningens utdanningsbakgrunn En analyse av tall for Folketelling 1970 *Educational Background of the Population An Analysis of Data from Population Census 1970* 1975 89 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0532-8

" 80 Knut Ø. Sørensen: Statistisk Sentralbyrås befolkningsprognosemodell ved de regionale framskrivinger 1975 *The Population Projection Model of the Central Bureau of Statistics of Norway in the Regional Projections* 1975 48 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0540-9

Nr. 81 Petter Jakob Bjerve: Two Addresses on Statistical Co-operation *To talar om statistisk samarbeid* 1976 20 s. kr 5,00 ISBN 82-537-0548-4

" 82 Gerd Skoe Lettenstrøm: Fødselstall i ekteskapskohorter 1965-1972 En analyse på grunnlag av registerdata *Fertility of Marriage Cohorts An Analysis Based on Register Data* 1976 64 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0600-6

" 83 Lorents Lorentsen og Tor Skoglund: MSG-3 En modell for analyse av den langsiktige økonomiske utvikling *MSG-3 A Model for Analysis of the Long Term Economic Development* 1976 46 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0604-9

" 84 Petter Jakob Bjerve: Trends in Norwegian Planning 1945-1975 *Utviklingstendensar i norsk planlegging gjennom 30 år* 1976 42 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0610-3

" 85 Idar Møglestue og Arild Jeber: Utdanning og yrke til lærerkandidatene fra 1965 *Education and Occupation of Graduates from Teachers' Training Colleges in 1965* 1976 55 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0611-1

" 86 Jan M. Hoem, Erling Berge and Britta Holmbeck: Four Papers on the Analytic Graduation of Fertility Curves *Fire artikler om analytisk glatting av fruktbarhetskurver* 1976 57 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0616-2

" 87 Vidar Ringstad: On the Estimation of Dynamic Relations from Combined Cross Section Time Series Data *Om estimering av dynamiske relasjonar frå tverrsnitts-tidsrekkedata* 1976 19 s. kr 5,00 ISBN 82-537-0620-0

" 88 Petter Laake og Hans Kristian Langva: Estimering av total sysselsetting innen noen hovednæringer i geografiske regioner: Om estimatorenes skjevhet, varians og bruttovarians *Estimation of Employment within Geographical Regions: On the Bias, Variance and the Mean Square Error of the Estimates* 1976 57 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0646-4

" 89 Ståle Dyrvik: Ekteskap og barnetal - Ei gransking av fertilitetsutviklinga i Norge 1920-1970 *Marriages and Number of Children - An Analysis of Fertility Trend in Norway* 1976 48 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0658-8

" 90* Ståle Dyrvik: Utviklingstendensar i 1975 i Norges befolkning *Trends in the Norwegian Population* 1976 27 s. kr 7,00 ISBN 82-537-0654-5

" 91 Inger Gabrielsen: Aktuelle skattetall 1976 *Current Tax Data* 1976 51 s. kr 8,00 ISBN 82-537-0653-7

" 92 Olav Vannebo: Regionale forskjeller i yrkesdeltakingen 1970 *Regional Differences in Labour Force Participation 1970* 1977 67 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0709-6

" 93 Finn R. Førsund og Sigurd Tveitereid: Pris- og inntektsfordelingsvirkninger av miljøverninvesteringer i norsk bergverk og industri *Price and Income Effects of Environmental Protection Investments in Norwegian Mining and Manufacturing* 1977 87 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0717-7

" 94 Erik Garaas: En modell for analyse av skatter ved forskjellige definisjoner av inntekt *A Model for Analysis of Taxes and Alternative Definitions of Income* 1977 59 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0725-8

Nr. 95 Petter Longva: Energibruk i Norge *Energy Use in Norway* 1977 49 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0733-9

" 96 Odd Aukrust: Inflation in the Open Economy: A Norwegian Model *Inflasjon i en åpen økonomi: En norsk modell* 1977 67 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0737-1

" 97 Idar Møglestue: Allmennlærerutdanning og yrke En analyse av tall fra Folketelling 1970 *General Teacher Training and Occupation An Analysis of Data from Population Census 1970* 1977 66 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0743-6

" 98 Tor Fr. Rasmussen: Pendling i Norge 1970 *Commuting in Norway 1970* 1977 84 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0754-1

" 99 Inger Gabrielsen: Aktuelle skattetall 1977 *Current Tax Data* 1977 59 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0770-3

" 100 Sigurd Høst: Mediabruk som fritidsaktivitet *The Use of Mass Media as a Leisure Activity* 1977 33 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0778-9

" 101 Hilde Bojer: The Effect on Consumption of Household Size and Composition *Konsum og husholdningens størrelse og sammensetning* 1977 37 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0788-6

" 102 Odd Skarstad: Levestandard for private husholdninger *Standard of Living for Private Households* 1977 64 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0789-4

" 103 Stephen Andersen: Prisnivåjusterte regnskaper Bergverksdrift og industri *Price-Level Accounting Mining and Manufacturing* 1977 81 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0791-6

" 104 Idar Møglestue og Turid Sletten: Lønnsforholdene for ansatte i bank, forsikring og statstjeneste *Wage Conditions for Employees in Banks, Insurance and Central Government* 1977 45 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0798-3

" 105 Jon Blaalid og Sigmund Log: Husholdningenes etterspørsel etter elektrisitet 1966-1975 *The Demand for Electricity by Households* 1977 66 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0801-7

" 106 Ståle Dyrvik: Utviklingstendensar i 1976 i Norges befolkning *Trends in the Norwegian Population* 1978 35 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0820-3

" 107 Vilhelm Aubert: Den samiske befolkning i Nord-Norge Sámi ál'bmut Davvi-Norgas *The Lappish Population in Northern Norway* 1978 139 s. kr 13,00 ISBN 82-537-0842-4

" 108 Erik Biørn: Comparing Consumer Expenditure Functions Estimated from Household Budget Data from the Years 1967 and 1973 *Sammenlikning av konsumutgiftsfunksjoner estimert på grunnlag av husholdningsdata fra årene 1967 og 1973* 1978 35 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0859-9

" 109 Inger Gabrielsen: Direkte skatter og stønader Historisk oversikt over satser m.v. årene fram til 1978 *Direct Taxes and Government Transfers Rates etc.* 1978 41 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0863-7

" 110 Petter Koren: Etterspørselen etter energi i tjenesteytende næringer *The Demand for Energy by Trade and Service Industries* 1978 50 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0866-1

" 111 Jon Blaalid og Øystein Olsen: Etterspørselen etter energi En litteraturstudie *The Demand for Energy A Survey* 1978 76 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0892-0

Publikasjonen utgis i kommisjon hos
H. Aschehoug & Co. og Universitetsforlaget, Oslo,
og er til salgs hos alle bokhandlere
Pris kr 11,00

Omslag trykt hos Grøndahl & Søn Trykkeri, Oslo

ISBN 82-537-0892-0